



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**“OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SALUDABLES DE PANIFICACIÓN
UTILIZANDO HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora
edulis* SIMS), VARIEDAD AMARILLA Y ÁCIDO ASCÓRBICO”**

**TESIS
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE DOCTOR EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Autor:
M. Cs. SAÚL RICARDO CHUQUI DIESTRA**

**Asesora:
Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO**

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2021



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DOCTORAL

Yo, **Dra. Luz María Paucar Menacho**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: "OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SALUDABLES DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* SIMS), VARIEDAD AMARILLA Y ÁCIDO ASCÓRBICO", elaborado por el **M. Cs. Saúl Ricardo Chuqui Diestra** para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Agroindustrial en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 04 de octubre de 2021


.....
Dra. Luz M. Paucar Menacho
ASESORA



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

"OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SALUDABLES DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* SIMS), VARIEDAD AMARILLA Y ÁCIDO ASCÓRBICO"

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Cesar Moreno Rojo
Presidente

Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Secretario

Dra. Luz María Paucar Menacho
Vocal



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Saúl Ricardo Chuqui Diestra
Assignment title: Sin depósito
Submission title: "OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SALUDABLES DE PANIFICACIÓN..."
File name: TESIS_DOCTORAL_SAU_L_RICARDO_CHUQUI_DIESTRA.doc
File size: 23.87M
Page count: 245
Word count: 54,684
Character count: 298,820
Submission date: 15-Oct-2021 04:38PM (UTC-0500)
Submission ID: 1675043598



DEDICATORIA

Al Divino creador, fuente de vida y sabiduría, y que gracias a él logré culminar otra etapa de mi trayectoria profesional.

A la memoria de mis Padres Daniel y Aquilina, que en vida me brindaron todo sin esperar nada a cambio y por sus sabios consejos para ser una buena persona.

A mis hijas Alessandra y Cielito, por ser fuentes de motivación e inspiración y seguir luchando por un futuro mejor.

A mis hermanas Lucía y Rocío y mi hermano Eber, que siempre me brindaron apoyo moral para obtener éxitos en mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Nacional del Santa por los conocimientos brindados en los estudios de Pregrado y Posgrado (Doctorado).

Al Instituto de Investigación Agroindustrial (IITA) de la UNS por haberme brindado las facilidades en sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. Ing. Luz María Paucar Menacho por su orientación y apoyo invaluable e incondicional, en el desarrollo del trabajo de tesis, tanto conceptual y experimental.

Al Dr. Ing. César Moreno Rojo, por su amistad, apoyo y facilidades en el proceso de toma de muestras y en el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Pedro Ayala, por su apoyo en la elaboración de los productos de panificación en la Planta Piloto Agroindustrial, a todos los profesionales del IITA y del laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales por el apoyo en los ensayos experimentales del presente trabajo.

A todos, gracias infinitas.

El autor

ÍNDICE GENERAL

	Pág.	
DEDICATORIA	iv	
AGRADECIMIENTOS	v	
RESUMEN	xix	
ABSTRACT	xx	
INTRODUCCIÓN	1	
CAPÍTULO I		
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN		
1.1	Problema y fundamentación del problema de investigación	3
1.2	Antecedentes de la investigación	5
1.3	Formulación del problema de investigación	10
1.4	Delimitación del estudio	10
1.5	Justificación e importancia de la investigación	10
1.6	Objetivos de la investigación	12
1.6.1	Objetivo general	12
1.6.2	Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II		
MARCO TEÓRICO		
2.1	Fundamentos teóricos de la investigación	13
2.1.1	Productos o alimentos saludables	13
2.1.2	Alimentación saludable	14
2.1.3	El maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims)	14
2.1.4	Cáscara de maracuyá	17
2.1.5	Harina de cáscara de maracuyá	18
2.1.6	Harina de trigo	19
2.1.7	Fibra dietética	20
2.1.8	Propiedades funcionales de la fibra dietética	23
2.1.9	Compuestos fenólicos	25
2.1.10	Antioxidantes	28
2.1.11	Capacidad antioxidante	29
2.1.12	Uso del ácido ascórbico en panificación	30

2.1.13	Pan de molde	32
2.1.14	Galletas	33
2.1.15	Propiedades reológicas de la masa de panificación	34
2.1.16	Análisis de perfil de textura (TPA)	38
2.1.17	Análisis sensorial	39
2.2	Marco conceptual	43

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1	Hipótesis central de la investigación	45
3.2	Variables e indicadores de la investigación	45
3.3	Métodos de la investigación	45
3.4	Diseño o esquema de la investigación	47
3.5	Población y muestra	49
3.6	Actividades del proceso investigativo	50
3.7	Técnicas e instrumentos de la investigación	55
3.8	Procedimiento para la recolección de datos	60
3.9	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	64

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo	65
4.1.1	Composición proximal	65
4.1.2	Análisis reológico	66
4.2	Tamaño de partícula de harina de cáscara de maracuyá	72
4.3	Análisis fisicoquímico de harina de cáscara de maracuyá	73
4.3.1.	Rendimiento	73
4.3.2.	Composición proximal	74
4.3.3.	Fibra dietaria total, insoluble y soluble	75
4.3.4.	Polifenoles totales y capacidad antioxidante	76
4.4	Análisis de la capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de aceite (CAAc) de harina de cáscara de maracuyá	77
4.4.1.	Análisis de capacidad de retención de agua (CRA)	77
4.4.2.	Análisis de capacidad de adsorción de aceite (CAAc)	77

4.5	Evaluación de los panes de molde y galletas fortificadas producidos con harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico	78
4.5.1.	Evaluación del volumen específico del pan de molde obtenido	78
4.5.2.	Evaluación estadística del volumen específico de los panes de molde	79
4.5.3.	Evaluación estadística del volumen específico de la galleta fortificada	82
4.5.4.	Evaluación estadística de la humedad del pan de molde y galleta fortificada	86
4.5.5.	Evaluación estadística de proteínas del pan de molde y galleta fortificada	91
4.5.6.	Evaluación estadística de grasa del pan de molde y galleta fortificada	96
4.5.7.	Evaluación estadística de cenizas del pan de molde y galleta fortificada	100
4.5.8.	Evaluación estadística del perfil de textura del pan de molde y galleta fortificada	105
4.5.9.	Evaluación estadística de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS) del pan de molde y galleta fortificada	126
4.5.10.	Evaluación estadística de polifenoles y capacidad antioxidante del pan de molde y galleta fortificada	144
4.5.11.	Evaluación organoléptica del pan de molde y galleta fortificada	153

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	183
5.2	Recomendaciones	186

	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
--	-----------------------------------	-----

	ANEXOS	207
--	---------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Fruto de maracuyá y sus partes	15
Figura 2 Estructura simple de los compuestos fenólicos	26
Figura 3 Comportamiento de las curvas del farinógrafo	36
Figura 4 Parámetros en curvas de un extensograma	37
Figura 5 Amilogramas de la harina de trigo	38
Figura 6 Esquema de fuerza-deformación del análisis de perfil de textura (TPA)	39
Figura 7 Flujograma para obtener harina de cáscara de maracuyá	50
Figura 8 Flujograma para obtener pan de molde en la investigación	54
Figura 9 Flujograma para obtener galletas fortificadas en la investigación	55
Figura 10 Análisis fisicoquímico de las harinas de trigo y de cáscara de maracuyá	60
Figura 11 Perfil reológico de las harinas de trigo y de cáscara de maracuyá	61
Figura 12 Evaluación del volumen específico de los panes de molde y galletas fortificadas	62
Figura 13 Deshidratado de pan de molde y galletas fortificadas en el secador de bandejas del IITA	62
Figura 14 Determinación del contenido total polifenoles y capacidad antioxidante en pan de molde y galletas fortificadas	63
Figura 15 Análisis organoléptico de pan de molde y galletas fortificadas	64
Figura 16 Gráfico de perfil amilográfico de la harina de trigo especial	66
Figura 17 Gráfico de perfil amilográfico de la harina de trigo pastelera	67
Figura 18 Gráfico de perfil farinográfico de la harina de trigo especial	68
Figura 19 Gráfico de perfil farinográfico de la harina de trigo pastelera	69
Figura 20 Gráfico de perfil extensográfico de la harina de trigo especial	71
Figura 21 Gráfico de perfil extensográfico de la harina de trigo pastelera	72
Figura 22 Altura de los panes de molde según diseño experimental	78

Figura 23	Diagrama de Pareto para volumen específico de pan de molde	80
Figura 24	Superficie de respuesta del volumen específico de los panes de molde	82
Figura 25	Diagrama de Pareto para el volumen específico de galletas fortificadas	84
Figura 26	Superficie de respuesta del volumen específico de la galleta fortificada	85
Figura 27	Diagrama de Pareto para la variable humedad de pan de molde	87
Figura 28	Superficie de respuesta de la humedad de los panes de molde	88
Figura 29	Diagrama de Pareto para la variable humedad de galleta fortificada	90
Figura 30	Superficie de respuesta de la humedad de galleta fortificada	91
Figura 31	Diagrama de Pareto para la variable proteína de pan de molde	93
Figura 32	Superficie de respuesta de la proteína de los panes de molde	94
Figura 33	Diagrama de Pareto para la variable proteína de galleta fortificada	96
Figura 34	Diagrama de Pareto para la variable grasa de pan de molde	98
Figura 35	Diagrama de Pareto para la variable %grasa de galleta fortificada	99
Figura 36	Diagrama de Pareto para la variable cenizas de pan de molde	102
Figura 37	Superficie de respuesta de cenizas del pan de molde	103
Figura 38	Diagrama de Pareto para la variable cenizas de galleta fortificada	104
Figura 39	Diagrama de Pareto para la variable dureza de pan de molde	107
Figura 40	Superficie de respuesta para dureza de los panes de molde	108
Figura 41	Diagrama de Pareto para la variable firmeza de pan de molde	111
Figura 42	Superficie de respuesta para firmeza de los panes de molde	112
Figura 43	Diagrama de Pareto para la variable elasticidad de pan de	

	molde	114
Figura 44	Diagrama de Pareto para la variable masticabilidad de pan de molde	116
Figura 45	Superficie de respuesta para masticabilidad de los panes de molde	117
Figura 46	Diagrama de Pareto para la variable dureza de galleta fortificada	120
Figura 47	Superficie de respuesta para dureza de galleta fortificada	121
Figura 48	Diagrama de Pareto para fracturabilidad de galleta fortificada	123
Figura 49	Superficie de respuesta para fracturabilidad de galleta fortificada	124
Figura 50	Diagrama de Pareto para la respuesta FDT de pan de molde	127
Figura 51	Superficie de respuesta para FDT de los panes de molde	128
Figura 52	Diagrama de Pareto para la respuesta FDI de pan de molde	130
Figura 53	Superficie de respuesta para FDI de los panes de molde	131
Figura 54	Diagrama de Pareto para la respuesta FDS de pan de molde	133
Figura 55	Superficie de respuesta para FDS de los panes de molde	134
Figura 56	Diagrama de Pareto para la respuesta FDT de galleta fortificada	137
Figura 57	Superficie de respuesta para FDT de la galleta fortificada	138
Figura 58	Diagrama de Pareto para la respuesta FDI de galleta fortificada	140
Figura 59	Superficie de respuesta para FDI de galleta fortificada	141
Figura 60	Diagrama de Pareto para la respuesta FDS de galleta fortificada	143
Figura 61	Superficie de respuesta para FDS de la galleta fortificada	144
Figura 62	Diagrama de Pareto para contenido total de polifenoles del pan de molde	146
Figura 63	Diagrama de Pareto para capacidad antioxidante del pan de molde	148

Figura 64	Diagrama de Pareto para contenido total de polifenoles de galleta fortificada	150
Figura 65	Diagrama de Pareto para capacidad antioxidante de galleta fortificada	152
Figura 66	Diagrama de Pareto para el atributo color de pan de molde	155
Figura 67	Superficie de respuesta para color de los panes de molde	156
Figura 68	Diagrama de Pareto para el atributo aroma de pan de molde	158
Figura 69	Diagrama de Pareto para el atributo apariencia general de pan de molde	159
Figura 70	Superficie de respuesta para apariencia general de los panes de molde	160
Figura 71	Diagrama de Pareto para el atributo textura de pan de molde	162
Figura 72	Superficie de respuesta para textura de los panes de molde	163
Figura 73	Diagrama de Pareto para el atributo sabor de pan de molde	165
Figura 74	Superficie de respuesta para sabor de los panes de molde	166
Figura 75	Diagrama de Pareto para el atributo color de galleta fortificada	170
Figura 76	Superficie de respuesta para color de la galleta fortificada	171
Figura 77	Diagrama de Pareto para el atributo aroma de galleta fortificada	173
Figura 78	Diagrama de Pareto para el atributo apariencia general de galleta fortificada	175
Figura 79	Superficie de respuesta para apariencia general de la galleta fortificada	176
Figura 80	Diagrama de Pareto para atributo textura de galleta fortificada	178
Figura 81	Diagrama de Pareto para el atributo sabor de galleta fortificada	179
Figura 82	Superficie de respuesta para sabor de galleta fortificada	180

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Composición del fruto fresco de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> SIMS)	16
Tabla 2	Composición química de la cáscara de maracuyá	18
Tabla 3	Composición proximal de la harina de trigo	19
Tabla 4	Valores de proteína según tipo de harina de trigo	20
Tabla 5	Clasificación de fibra dietética por el grado de solubilidad acuosa	22
Tabla 6	Clasificación de fibra dietética por el grado de fermentación	22
Tabla 7	Clasificación de los compuestos fenólicos desde el punto vista químico	27
Tabla 8	Composición química del pan de molde blanco (En 100 g)	33
Tabla 9	Composición química de galletas dulces (En 100 g)	34
Tabla 10	Parámetros del análisis de perfil de textura	40
Tabla 11	Tipos de pruebas en el análisis sensorial de alimentos	41
Tabla 12	Operacionalización de variables	46
Tabla 13	Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2 ²	48
Tabla 14	Datos codificados y reales del DCCR 2 ² conteniendo cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales	49
Tabla 15	Formulación utilizada para la producción de pan de molde	52
Tabla 16	Formulación utilizada para elaborar galletas fortificadas	53
Tabla 17	Composición proximal de la harina de trigo	65
Tabla 18	Parámetros amilográficos de las harinas de trigo utilizadas	66
Tabla 19	Parámetros farinográficos de las harinas de trigo utilizadas	68
Tabla 20	Parámetros extensográficos de las harinas de trigo utilizadas	70
Tabla 21	Distribución del tamaño de partícula (%) de la harina de cáscara de maracuyá variedad amarillo	73
Tabla 22	Rendimiento de harina de cáscara de maracuyá	74
Tabla 23	Composición nutricional de la harina de cáscara de maracuyá	74

Tabla 24	Valores de FDT, FDI y FDS de la harina de cáscara de maracuyá	75
Tabla 25	Valores de polifenoles y capacidad antioxidante de la harina de cáscara de maracuyá	76
Tabla 26	Valores de CRA de la harina de cáscara de maracuyá	77
Tabla 27	Valores de CAAC de la harina de cáscara de maracuyá	77
Tabla 28	Valores promedio de volumen específico del pan de molde y galletas fortificadas según diseño experimental	79
Tabla 29	Coeficientes de regresión de variable respuesta volumen específico de pan de molde	80
Tabla 30	ANOVA para variable respuesta volumen específico de pan de molde	81
Tabla 31	Coeficientes de regresión de la respuesta volumen específico de galleta fortificada	83
Tabla 32	ANOVA para variable respuesta volumen específico de galleta fortificada	84
Tabla 33	Valores promedio de humedad del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental	86
Tabla 34	Coeficientes de regresión de humedad de pan de molde	87
Tabla 35	ANOVA para variable respuesta humedad de pan de molde	88
Tabla 36	Coeficientes de regresión de variable respuesta humedad de galleta fortificada	89
Tabla 37	ANOVA para variable respuesta humedad de galleta fortificada	90
Tabla 38	Valores promedio de proteína del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental	92
Tabla 39	Coeficientes de regresión de variable respuesta proteína de pan de molde	93
Tabla 40	ANOVA para variable respuesta proteína de pan de molde	94
Tabla 41	Coeficientes de regresión para respuesta proteína de galleta fortificada	95
Tabla 42	Valores promedio de grasa del pan de molde y galleta	

	fortificada según diseño experimental	97
Tabla 43	Coeficientes de regresión de variable respuesta %grasa de pan de molde	98
Tabla 44	Coeficientes de regresión de variable %grasa de galleta fortificada	99
Tabla 45	Valores promedio de cenizas del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental	101
Tabla 46	Coeficientes de regresión para cenizas de pan de molde	102
Tabla 47	ANOVA para variable respuesta ceniza de pan de molde	103
Tabla 48	Coeficientes de regresión de variable %grasa de galleta fortificada	104
Tabla 49	Valores obtenidos del perfil de textura del pan de molde	106
Tabla 50	Coeficientes de regresión para respuesta dureza de pan de molde	107
Tabla 51	ANOVA para variable respuesta dureza de pan de molde	108
Tabla 52	Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de pan de molde	110
Tabla 53	ANOVA para variable respuesta firmeza de pan de molde	111
Tabla 54	Coeficientes de regresión de la respuesta elasticidad de pan de molde	114
Tabla 55	Coeficientes de regresión de la respuesta masticabilidad de pan de molde	115
Tabla 56	ANOVA para variable respuesta masticabilidad de pan de molde	117
Tabla 57	Valores del perfil de textura de la galleta fortificada	119
Tabla 58	Coeficientes de regresión para respuesta dureza de galleta fortificada	120
Tabla 59	ANOVA para variable respuesta dureza de galleta fortificada	121
Tabla 60	Coeficientes de regresión para la respuesta fracturabilidad de galleta fortificada	123
Tabla 61	ANOVA para variable respuesta fracturabilidad de galleta fortificada	124

Tabla 62	Valores FDT, FDI y FDS del pan de molde	126
Tabla 63	Coeficientes de regresión para respuesta FDT de pan de molde	127
Tabla 64	ANOVA para variable respuesta FDT de pan de molde	128
Tabla 65	Coeficientes de regresión para respuesta FDI de pan de molde	130
Tabla 66	ANOVA para variable respuesta FDI de pan de molde	131
Tabla 67	Coeficientes de regresión para respuesta FDS de pan de molde	132
Tabla 68	ANOVA para variable respuesta FDS de pan de molde	133
Tabla 69	Valores FDT, FDI y FDS de la galleta fortificada	136
Tabla 70	Coeficientes de regresión para respuesta FDT de galleta fortificada	137
Tabla 71	ANOVA para variable respuesta FDT de galleta fortificada	138
Tabla 72	Coeficientes de regresión para respuesta FDI de galleta fortificada	139
Tabla 73	ANOVA para variable respuesta FDI de galleta fortificada	140
Tabla 74	Coeficientes de regresión para respuesta FDS de galleta fortificada	142
Tabla 75	ANOVA para variable respuesta FDS de galleta fortificada	143
Tabla 76	Valores polifenoles totales y capacidad antioxidante de pan de molde	145
Tabla 77	Coeficientes de regresión para polifenoles totales de pan de molde	146
Tabla 78	Coeficientes de regresión para capacidad antioxidante de pan de molde	147
Tabla 79	Valores polifenoles totales y capacidad antioxidante de galleta fortificada	149
Tabla 80	Coeficientes de regresión para respuesta polifenoles totales de galleta fortificada	150
Tabla 81	Coeficientes de regresión para respuesta capacidad antioxidante de galleta fortificada	151

Tabla 82	Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de pan de molde	153
Tabla 83	Coeficientes de regresión para atributo color de pan de molde	154
Tabla 84	ANOVA para el atributo color de pan de molde	155
Tabla 85	Coeficientes de regresión para atributo aroma de pan de molde	157
Tabla 86	Coeficientes de regresión para atributo apariencia general de pan de molde	159
Tabla 87	ANOVA para el atributo apariencia general de pan de molde	160
Tabla 88	Coeficientes de regresión para atributo textura de pan de molde	162
Tabla 89	ANOVA para el atributo textura de pan de molde	163
Tabla 90	Coeficientes de regresión para atributo sabor de pan de molde	165
Tabla 91	ANOVA para el atributo sabor de pan de molde	166
Tabla 92	Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de galleta fortificada	169
Tabla 93	Coeficientes de regresión para atributo color de galleta fortificada	170
Tabla 94	ANOVA para el atributo color de galleta fortificada	171
Tabla 95	Coeficientes de regresión para atributo aroma de galleta fortificada	173
Tabla 96	Coeficientes de regresión para atributo apariencia general de galleta fortificada	174
Tabla 97	ANOVA para el atributo apariencia general de galleta fortificada	175
Tabla 98	Coeficientes de regresión para atributo textura de galleta fortificada	177
Tabla 99	Coeficientes de regresión para atributo sabor de galleta fortificada	179
Tabla 100	ANOVA para el atributo SABOR de galleta fortificada	180

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo 1	FORMATOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DE MOLDE Y GALLETAS FORTIFICADAS	208
Anexo 2	PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE CÁSCARA DE MARACUYÁ var. Amarillo	212
Anexo 3	PANEL FOTOGRÁFICO DE LA OBTENCIÓN DE PAN DE MOLDE CON HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ Y ÁCIDO ASCÓRBICO	214
Anexo 4	PANEL FOTOGRÁFICO DE LA OBTENCIÓN DE GALLETA FORTIFICADA CON HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ Y ÁCIDO ASCÓRBICO	216
Anexo 5	PANEL FOTOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE FIBRA DIETARIA DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ, DEL PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA	218
Anexo 6	CERTIFICADOS DE ANÁLISIS COLECBI S.A	220
Anexo 7	RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES PARA PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA	223
Anexo 8	RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA	225
Anexo 9	RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL E INTENCIÓN DE COMPRA DE PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA	227

RESUMEN

La finalidad de este trabajo fue reemplazar harina de trigo con 2-8% de harina de cáscara de maracuyá (HCMr) y adicionar 50-250 ppm de ácido ascórbico (AAs) para producir panes de molde y galletas saludables, reemplazando manteca por aceite de girasol en la formulación base. Se diseñaron 11 tratamientos utilizando un diseño factorial completo 2^2 siguiendo un Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR). Se evaluaron las características fisicoquímicas, tecnológicas (volumen específico y textura experimental), funcionales (fibra dietética, contenido total de polifenoles y actividad antioxidante) y sensoriales de los productos terminados utilizando una escala hedónica de 9 puntos con 80 panelistas. Los resultados indicaron que el contenido de grasa, no mostró diferencias estadísticas significativas en todos los tratamientos ($p < 0,05$); los volúmenes específicos mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) obteniéndose valores menores a 4,6 y 4,5 ml/g para pan de molde y galletas respectivamente, con sustituciones mayores a 5% (HCMr) y con adiciones menores de 150 ppm (AAs). Se optimizó los menores valores de dureza, firmeza y masticabilidad para el pan de molde con 4,6% (HCMr) y 144,9 ppm (AAs); 4,5% (HCMr) y 144,9 ppm (AAs) y 4,44% (HCMr) y 144,9 ppm (AAs) respectivamente. Se optimizó los menores valores de dureza y fracturabilidad para galleta fortificada con 4,76% (HCMr) y 142,8 ppm (AAs) y 4,66% (HCMr) y 143,1 ppm (AAs) respectivamente. Se obtuvieron valores de contenido total de polifenoles mayores a 109,72 y 61,4 mg GAE/100g, capacidad antioxidante mayores a 411,52 y 342,6 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ para pan de molde y galletas respectivamente y fibra dietética ($>3\%$) (ricos en fibra), con sustituciones mayores a 5% (HCMr), mientras que el ácido ascórbico no tuvo influencia estadística. La evaluación sensorial de pan de molde y galletas mostraron aceptabilidad en la escala hedónica de 7 puntos correspondiente a “me gusta moderadamente”.

Palabras clave: Análisis sensorial, compuestos bioactivos, fibra dietética, superficie de respuesta.

ABSTRACT

The purpose of this work was to replace wheat flour with 2-8% of passion fruit peel flour (HCMr) and add 50-250 ppm of ascorbic acid (AAs) to produce healthy mold breads and cookies, replacing butter with oil of sunflower in the base formulation. Eleven treatments were designed using a full factorial design 2² following a Central Compound Rotational Design (DCCR). The physicochemical, technological (specific volume and experimental texture), functional (dietary fiber, total polyphenol content and antioxidant activity) and sensory characteristics of the finished products were evaluated using a 9-point hedonic scale with 80 panelists. The results indicated that the fat content did not show statistically significant differences in all the treatments ($p < 0.05$); the specific volumes showed significant statistical differences ($p < 0.05$), obtaining values lower than 4.6 and 4.5 ml / g for sliced bread and biscuits respectively, with substitutions greater than 5% (HCMr) and with additions less than 150 ppm (AAs). The lowest values of hardness, firmness and chewiness were optimized for sliced bread with 4.6% (HCMr) and 144.9 ppm (AAs); 4.5% (HCMr) and 144.9 ppm (AAs) and 4.44% (HCMr) and 144.9 ppm (AAs) respectively. The lower hardness and fracture values were optimized for fortified biscuits with 4.76% (HCMr) and 142.8 ppm (AAs) and 4.66% (HCMr) and 143.1 ppm (AAs) respectively. Total polyphenol content values greater than 109.72 and 61.4 mg GAE / 100g, antioxidant capacity greater than 411.52 and 342.6 $\mu\text{mol ET} / 100\text{g}$ for sliced bread and biscuits respectively and dietary fiber ($> 3\%$) (rich in fiber), with substitutions greater than 5% (HCMr), while ascorbic acid had no statistical influence. The sensory evaluation of sliced bread and biscuits showed acceptability on the 7-point hedonic scale corresponding to "I like it moderately"

Keywords: Sensory analysis, bioactive compounds, dietary fiber, response surface.

INTRODUCCIÓN

Debido al cambio demográfico y al estilo de vida, cuyas consecuencias son el envejecimiento de la población, el sobrepeso y la obesidad, actualmente existe una mayor preferencia y conciencia por la alimentación saludable entre la población; esto aumenta la relación entre la dieta y la salud.

Los productos o alimentos saludables no sirven simplemente para saciar el hambre y aportarnos los nutrientes que necesitamos, sino que también nos permiten prevenir determinadas enfermedades relacionadas con la dieta y mejorar nuestro bienestar físico y mental; Estos productos pueden ser dietéticos, funcionales, enriquecidos, etc.

En el Perú surge la importancia de tener bases necesarias para innovar nuevos productos y se defina un marco legal por parte de las instituciones para el crecimiento del mercado en la innovación agroalimentaria.

Desde hace muchos años los panes y otros productos de panificación han sido siempre alimentos básicos en la dieta de las personas, “la calidad de los panes dependen de los ingredientes y aditivos añadidos en su formulación; entre la amplia variedad de los productos de panificación, una gran parte son productos secos estables en estantes como las galletas y los panes” (Pimentel, 2015).

En ese aspecto por su amplio consumo el pan de molde es adecuado para ser sustituido con el fin de enriquecerlo y fortificarlo con ingredientes que puedan generar beneficios saludables al consumidor.

“Los panes de molde son los productos de panificación con más popularidad en el mundo, estos están elaborados a base de harina de trigo floja, harina que es baja en proteínas y fibra” (Cauvain & Young, 2009); por ello se hace indispensable el uso de harinas que le confieran mejor aporte de fibra en su composición.

Las galletas son productos ligeros que son clasificados como de “consumo general” y pueden ser enriquecidas y/o fortificadas con vitaminas, minerales y fibra.

En la agroindustria alimentaria se generan desechos o residuos propios del procesamiento de frutas y hortalizas, estos residuos se pueden utilizar en diversas alternativas, por la composición tan variada que presentan.

“Entre los residuos agroindustriales más importantes y relevantes en el área hortofrutícola se encuentran las cáscaras, las semillas, las pulpas, entre otros” (Gustavsson et al. 2013, pág. 10).

En la planta Delicias y Sabores E.I.R.L. se procesa el fruto del maracuyá para obtener pulpa congelada de maracuyá para exportación, generando como residuo agroindustrial la cáscara de maracuyá que fue utilizado en este trabajo.

Canteri *et al.*, (2010) refiere que “la cáscara de maracuyá contiene alrededor de 60% de fibra dietética (FD) en base seca, además contiene compuestos bioactivos, como los polifenoles”.

Tanto el pan de molde y las galletas fortificadas son productos que tienen gran aceptabilidad entre los grupos de edades diferentes, por tanto, esta investigación no se basa únicamente en reducir el aporte calórico sustituyendo la harina de cáscara de maracuyá o grasas con menor contenido energético, sino incrementar el contenido de fibra dietética y antioxidantes.

Por ello, se planteó el siguiente objetivo central: obtención de productos saludables de panificación (pan de molde y galletas fortificadas) utilizando harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), variedad amarilla y ácido ascórbico. Asimismo, se determinó las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de maracuyá, las propiedades reológicas de la harina de trigo; se evaluaron las características fisicoquímicas, tecnológicas, funcionales y sensoriales de los panes de molde y galletas fortificadas sustituidas con harina de cáscara de maracuyá y adición de ácido ascórbico.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

El Perú tiene cerca de 6,000 hectáreas cultivables en toda la costa, desde Chancay hasta Piura, por tanto, de la producción de maracuyá el 33% se encuentra en Casma y Chimbote, el 75% de la producción se destina para la agroindustria, y el 90% es exportable en presentaciones de concentrado y jugo (Lira, 2019 párrafo 3).

Alonso *et al.*, (2012) precisa que “los residuos agroindustriales más utilizados en diversas investigaciones, son los provenientes de las frutas, tales como: “el bagazo de agave, desecho de la producción de tequila”, pág. 450. “La cachaza, el bagazo, la carbonilla, la paja y el cogollo, residuos de la agroindustria azucarera y de las calderas de los ingenios azucareros” (Montenegro *et al.*, 2015; Palma *et al.* 2016). “La cascarilla de arroz, los desechos cítricos (bagazo y cáscara), la cáscara del plátano, el zuro de maíz” (Vergara, 2015). “La zoca de café, las pastas proteínicas, los lodos, el suero, el salvado, los mostos residuales, la vinaza, los residuos de material verde (cáscaras, hojas, tallos, bagazo de frutas)”. (Hernández *et al.*, 2016).

“Las fibras obtenidas de frutas presentan mayor calidad porque presentan una composición muy equilibrada, bajo contenido catiónico y de ácido fítico, mayor capacidad de retención de agua y aceite, así como mayor actividad fermentativa en el colon”. (Saura y Larrauri, citado en Cayo y Matos, 2009).

Botelho *et al.*, (2002) refieren que “subproductos procedentes de distintas frutas, hortalizas y leguminosas son generalmente desechados por la agroindustria, pero estos se pueden aprovechar como base de nutrimentos y fibra dietética, siendo esto una fuente de crecimiento de compuestos alimentarios o de alimentos novedosos”.

Casma, provincia de la Región Ancash, en ella abundan una diversidad de frutas. Hay un total de 1196 Ha cultivadas con maracuyá variedad amarillo, presentando un rendimiento de 30 TM/Ha.

Delicias y Sabores E. I. R. L.”, es una empresa peruana agroindustrial con 15 años de experiencia, que se dedica a producir, exportar y comercializar pulpas de frutas pasteurizadas congeladas, principalmente maracuyá, también se procesa

naranja, limón y fresa, tiene maquinaria moderna e infraestructura acorde con las Buenas Prácticas de Manufactura y con certificación HACCP, por lo que permite producir productos de buena calidad.

La planta se ha diseñado para procesar 20 - 25 T.M. de maracuyá variedad amarillo, en un turno de 8 horas. Por tanto, se obtiene aproximadamente 7200 kg de pulpa pasteurizada (31 -32%), 12000 kg de cáscaras (50 - 51%) y 4200 kg de semillas (18 - 20%), parte de la cascara y las semillas se utilizan para hacer abono orgánico y se aplican en distintos cultivos que tiene la empresa, el resto se desecha.

Por ello es necesario evaluar posible aprovechamiento de los residuos del fruto de maracuyá (cáscara y semilla), en cuanto a la cáscara se puede obtener harina con alto valor de fibra dietaria (FD) que complemente a los cereales, principalmente el salvado de trigo, que es el principal componente de los alimentos enriquecidos.

Esta realidad problemática específica presenta los siguientes detalles:

- ✓ En el Perú diversos residuos agroindustriales (cáscaras, semillas, bagazo, frutas y vegetales deteriorados) involucran problemas medioambientales ya que no existen políticas adecuadas para su tratamiento y en mayor parte son expulsados a los botaderos. Estos residuos agroindustriales son generados en grandes cantidades, la mayoría no se le brinda un aprovechamiento adecuado que pueda generar recursos económicos, siendo utilizado para compost o en cultivos como estiércol y sólo una pequeña parte se utiliza en la producción de alimentos balanceados que presenta un valor agregado mínimo.
- ✓ Existe la tendencia de aumento en las exportaciones de jugo congelado de maracuyá (630,73 T.M., en el año 2016 y 1080,09 T.M. en el 2017, según AGRODATAPERÚ, 2019), y esto eleva la cantidad de cascara y semilla de maracuyá, como residuos agroindustriales a ser utilizados para obtener productos saludables de panificación.
- ✓ Por otro lado, la cáscara de maracuyá que son residuos agroindustriales presenta compuestos fitoquímicos bioactivos, tales como fibra dietaria y compuestos polifenólicos. Por eso, es de importancia valorar su uso en el reemplazo de la harina de trigo para obtener alimentos saludables como panes de molde y galletas fortificadas.

1.2. Antecedentes de la investigación

Arteaga y Silva (2015) en su investigación: “*Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) y harina de cascara de maracuyá (*Passiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes*”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa, concluyeron los siguiente:

- ✓ “La mejor formulación de harinas de trigo, tarwi y de cascara de maracuyá fue de: 83%, 5% y 12%, por medio del análisis organoléptico y cálculos matemáticos”.
- ✓ “El envase adecuado para los cupcakes fueron las bolsas de polipropileno de densidad N° 2, ya que mantuvo mejor la humedad, color, sabor y textura”.
- ✓ “El tiempo de vida útil organoléptico del cupcake producido con harinas de trigo, tarwi y de cascara de maracuyá fue de 12 días, evaluado con cálculos matemáticos”.
- ✓ “En lo nutritivo los cupcakes obtuvieron un cómputo químico de fibra elevado, por el aporte de fibra de la cáscara de maracuyá; y rica en proteínas que proporcionó la harina de tarwi”.

Pinta (2015) realizó la investigación: “*Utilización de diferentes niveles de harina de cáscara de *Passiflora edulis* (maracuyá) y su efecto en la alimentación de conejos neozelandés desde el destete hasta el inicio de la vida reproductiva*” en la Facultad de Ciencias Pecuarias del Instituto Superior Politécnica de Chimborazo. Llegando a las siguientes conclusiones:

- ✓ “Utilizando harina de cáscara de maracuyá, hasta 30% en el destete e inicio de la vida reproductiva, no presentó efectos negativos, su aporte nutritivo; en cuanto a proteína fue de 7,70%, grasa 2,87%, y fibra 31,74%”.
- ✓ “En el factor sexo los conejos machos presentaron las mejores respuestas en peso final, aumento de peso, uso de forraje, uso de balanceados, evolución alimenticia y peso a la canal; mientras que las conejas hembras, tuvieron un mejor rendimiento a la canal”.
- ✓ “En conejos machos y hembras, al usar el 30% de harina de cáscara de maracuyá se obtuvo un beneficio de 42 centavos por cada dólar invertido siendo el más rentable frente al resto de tratamientos”, esto demuestra que, “con el empleo del 30% de harina de cáscara de maracuyá, presentaron los mejores indicadores productivos y económicos, en tal virtud se recomienda

adicionar a la alimentación de conejos; de esta manera, enfocados a los pequeños y medianos productores se logrará abaratar los costos de producción”.

Murga y Sánchez (2013) investigaron el “*Efecto de la adición de ácido ascórbico de la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*” en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa, concluyendo lo siguiente:

- ✓ El ácido ascórbico incidió positivamente en las propiedades tecnológicas y sensoriales del pan de molde funcional con reemplazo parcial de harina de quinua, como resultado de lo cual se obtuvieron panes más voluminosos con mejor textura y contribuyeron a una estructura alveolar de la miga, lo que da una mejor textura al pan después de hornear.
- ✓ La evaluación sensorial realizada con panelistas no entrenados determinó las tres mejores formulaciones como: F1 (4,64% de harina de quinua y 31,7 ppm de ácido ascórbico), F3 (4,6% de harina de quinua y 88,3 ppm de ácido ascórbico) y F9 (11% de harina de quinua y 60 ppm de ácido ascórbico).
- ✓ El ácido ascórbico tuvo un efecto positivo en la masa de la harina de la mezcla evaluada en el Extensógrafo puesto que sin ácido ascórbico a mayor fermentación de 90 min. este no tuvo resistencia, extensibilidad, energía, resistencia a la extensibilidad y resistencia máxima, indicando así harina floja, a su vez añadido el ácido ascórbico este tuvo resistencia a la extensibilidad, energía, resistencia máxima puesto que este permite la unión entre cadenas de proteínas que se da a través del amasado.

Moreno (2017) en su trabajo: “*Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (Mangifera indica L.), variedad kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde*”, concluyo lo siguiente:

- ✓ “Al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango (HCM) mayores a 6.5% se obtienen valores menores a 103 mm en altura del pan de molde”.
- ✓ “Al aplicar superficie de respuesta (RSM) el ácido ascórbico (AA) (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa; y al adicionar harina de cáscara de mango (de 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4,6 ml/g) en los panes de molde”.
- ✓ “Al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 6.5% se obtienen valores menores a 103 mm en altura del pan de molde”.

- ✓ “La superficie de respuesta muestra porcentajes de humedad mayores a 38%; cuando se adicione concentraciones de 13.5 a 15% de HCM, también expresa que el ácido ascórbico no tiene influencia estadística”.
- ✓ “El resultado de la capacidad de retención de agua de la harina de cascara de mango fue de 11.089 g agua/g solido seco y de CAMO fue de 1.237 g aceite/g solido seco”.

Ribeiro et al., (2018) en su trabajo: “*Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour*” concluyeron lo siguiente:

- ✓ En cuanto a las propiedades tecnológicas, la adición de PPF (harina de cáscara de maracuyá) a la pasta sin gluten aumentó el tiempo de cocción, la pérdida de sólidos solubles y la absorción de agua y los parámetros de color modificados en comparación con una formulación de control sin PPF agregado.
- ✓ La adición de 10% de PPF a la pasta aumentó el contenido de fibra (3,25%) y cenizas (2,15%) y disminuyó el porcentaje de carbohidratos (41,19%); así como el valor energético (223,26 kcal/80g).
- ✓ La harina de cáscara de maracuyá se puede usar como un ingrediente alternativo para aumentar el valor nutricional de la pasta sin gluten, recomendando una cantidad del 10% debido a que conduce a una formulación más fácilmente aceptada entre los evaluadores.

Andrade et al., (2018) en su trabajo: “*Harnessing passion fruit peel flour (Passiflora edulis f. Flavicarpa) for the preparation of stuffed cookies*” concluyeron lo siguiente:

- ✓ Las galletas formuladas se sometieron a análisis sensoriales, que no revelaron diferencias significativas al nivel del 5% en los atributos sensoriales, lo que facilita el uso de la formulación con el uso de hasta un 10% de harina de cáscara de maracuyá para enriquecer la galleta.
- ✓ A través del análisis físico y químico se observó que la harina tiene altos niveles de fibra, proteínas y cenizas y la galleta con 10% de harina tiene un mayor contenido de minerales, lípidos y fibra alimentaria en relación con la galleta estándar preparada sin el empleo de la harina de cáscara de maracuyá.

Popov-Raljić *et al.*, (2013) en la investigación “Sensory and color properties of dietary cookies with different fiber sources during 180 days of storage” concluyeron:

- ✓ Las propiedades sensoriales de las galletas dietéticas producidas con diferentes fuentes de fibra dietética expresan el rango de diferencia más amplio con respecto a la apariencia de los productos.
- ✓ El efecto principal en el que resulta el almacenamiento de galletas dietéticas durante 180 días, independientemente de la fuente utilizada de fibra dietética, es el deterioro de la textura del producto expresado como un mayor desmoronamiento de los productos y la aparición de roturas en la superficie.
- ✓ Las galletas dietéticas, independientemente de la fuente de fibra dietética utilizada, tienen el color del área de los colores naranja claro. Las galletas producidas con la adición de copos de avena y la adición de inulina y oligofruktosa tienden a tener un tono amarillo más expresado, mientras las galletas producidas con la sustitución de harina integral de trigo y harina de algarroba tienden a tener un tono rojo más expresado.

Obasi & Ifediba (2018) en su trabajo “Nutritional and Sensory Evaluation of High Fiber Biscuits Produced from Blends of African Breadfruit, Maize and Coconut Flours” tuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ “El resultado de esta investigación muestra que se pueden producir galletas con alto contenido de fibra utilizando fuentes de harina de fruta africana de pan, maíz y coco”.
- ✓ La credibilidad sensorial y nutricional comparativa justifica la necesidad de una mayor investigación sobre el uso de diversos materiales agrícolas en la producción de bocadillos que promoverán las necesidades nutricionales y de salud del hombre.
- ✓ Se debe prestar atención para alcanzar los niveles de fibra para la digestión y los beneficios para la salud sin comprometer las características de calidad de los productos.

Kucerova *et al.* (2013), en la investigación “Influence of Dietary Fibre Addition on the Rheological and Sensory Properties of Dough and Bakery Products” concluyeron:

- ✓ Al evaluar las características investigadas en las mezclas de harina con una adición de fibra, se encontró el mayor aumento del volumen específico al

examinar la fibra de manzana.

- ✓ La adición de fibra de manzana y trigo tuvo la mejor influencia en la elasticidad del producto.
- ✓ Los productos con una adición de fibra de trigo y manzana tenían un sabor significativamente mejor, también tenían el color marrón dorado de la corteza.
- ✓ El uso de fibra dietética en los productos de panadería aumentó su calidad nutricional.
- ✓ Sin embargo, su uso influye en el procesamiento y la calidad del producto final, aunque a los consumidores no les importa la baja adición de fibra a los productos de panadería.

Papandreou (2015) en su revisión "The Role of Soluble, Insoluble Fibers and Their Bioactive Compounds in Cancer: A Mini Review" concluyen:

- ✓ Muestran una percepción positiva sobre el efecto beneficioso de la fibra dietética para muchas formas comunes de cáncer.
- ✓ Dado que la fibra dietética mostró su propiedad quimioprotectora tanto en soluble como en insoluble De acuerdo con los estudios, ninguno de los dos tipos de fibra y sus compuestos bioactivos se superan entre sí.
- ✓ Por lo tanto, la preferencia por cada tipo de fibra puede cambiar, pero aún podemos retener las bondades de la fibra dietética total para disminuir y prevenir el cáncer.
- ✓ Por lo tanto, la ingesta de fibra debe ser adecuada y administrado a través de la dieta para preservar y mantener la vida, incluso si no nos consideramos en alto riesgo de cáncer.

Bertagnolli et al., (2014) en la investigación "Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour" concluyeron lo siguiente:

- ✓ "El uso de harina de cáscara de guayaba (GPF) para reemplazar parcialmente la harina de trigo en la preparación de galletas tiene varias ventajas nutricionales: disminución de los niveles de grasas y carbohidratos y aumento de las cantidades de fibra y proteínas".
- ✓ La GPF mostró un contenido significativo de polifenoles totales, licopeno y β -caroteno, que se conservaron durante el procesamiento.
- ✓ El aumento en la cantidad de GPF resultó en un aumento del contenido de fenol y β -caroteno en el producto.

- ✓ En términos de cualidades sensoriales, el aumento en los niveles de GPF no resultó en diferencias en los parámetros de color, sabor y apariencia; mientras que el sabor se vio afectado positivamente por el aumento en la cantidad de GPF.
- ✓ “Los resultados presentados aquí indican que GPF puede usarse en galletas, reemplazando parcialmente la harina de trigo para mejorar su calidad nutricional sin afectar la calidad sensorial del producto”.

1.3. Formulación del problema de investigación

¿Qué influencia tendrá de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) variedad amarilla y ácido ascórbico en las características fisicoquímicas, bioactivas y sensoriales de pan tipo molde y galleta fortificada?

1.4. Delimitación del estudio

El presente trabajo investigativo se desarrolló en la Región Ancash, específicamente en las ciudades de Casma y Nuevo Chimbote.

En la ciudad de Casma (Planta Delicias y Sabores E.I.R.L) se recolectó la cascará de maracuyá, para obtener harina; en Nuevo Chimbote (Universidad Nacional del Santa) se realizó la elaboración de los productos saludables (pan de molde y galletas fortificadas) y los análisis fisicoquímicos y sensoriales a dichos productos. Los análisis fisicoquímicos y sensoriales sirvieron para determinar si los productos elaborados con harina de cáscara de maracuyá y adición de ácido ascórbico cumplen con la calidad nutritiva esperada y aceptabilidad de los consumidores, todos estos análisis se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional del Santa.

El período en que se realizó esta investigación comprendió desde febrero de 2019 a mayo de 2021.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

“Distintas frutas son utilizadas como materia prima para la agroindustria, a fin de generar valor agregado para obtener jugos y pulpas”, no obstante, “de estos frutos se aprovecha el zumo y la pulpa, así como también de las cáscaras y semillas y se puede obtener aceite vegetal, fibra, aceites esenciales, como ingredientes

básicos en las industrias de alimentos, agronómica, perfumería y farmacéutica” (Díaz, 2002).

“Lo importante de la fibra dietética en nutrición y la recomendación del mayor consumo ha conllevado a la industria agroalimentaria a elaborar nuevos productos fortificados con fibra como: el pan y las galletas”, además “las frutas por contener valores resaltantes de fibra dietética también presentan compuestos polifenólicos o bien llamados antioxidantes que son agentes reductores que protegen a las células del desgaste oxidativo, siendo beneficiosos para la salud humana”. (Periago *et al.*, citado en Moreno, 2017).

“El uso de agentes oxidantes en panificación generalmente produce una mejora de las propiedades de la masa y de la calidad del pan”. “Algunos autores sugieren que esas mejoras que suceden se deben atribuir a la generación de uniones disulfuro en la red del gluten”. “Uno de estos agentes oxidantes es el ácido ascórbico que actúa en su forma reducida modificando las propiedades reológicas de la masa”. “El ácido ascórbico reacciona en presencia de la enzima ácido-ascórbicooxidasa de la harina, con pérdida de dos átomos de hidrógeno y formación de agua y ácido dehidroascórbico que es el agente oxidante que genera el aumento de elasticidad en la masa” (Miller y Hosney, 1999; Nakamura y Kurata, 1997; Lu y Seib, 1998; Kaid *et al.*, 1997 y Every *et al.*, 1996 citados en Alasino *et al.* 2011)

“La harina de cáscara de maracuyá no contiene gluten”, por tanto, “la adición de ácido ascórbico en productos de panificación mejora la tenacidad y elasticidad de la masa, así como la capacidad de absorción de agua y mejora el volumen del pan o la galleta” (Peñasco, citado en Murga y Sánchez, 2013)

Con el uso de cáscara de maracuyá como harina y ácido ascórbico en productos saludables de panificación, se desea fundamentalmente mejorar el balance nutricional y a la vez entregar mejores propuestas de alimentos a las personas. Por tanto, la finalidad este trabajo se fundamentan en realizar la caracterización física, química y funcional a la harina de cáscara que se obtendrá a partir del maracuyá, y evaluar su sustitución parcial de harina de trigo con este componente junto al ácido ascórbico en la obtención de alimentos saludables, como panes de molde y galletas fortificadas; y así mejorar la composición nutritiva de estos productos finales.

Con ello se pretende alcanzar una alternativa de brindarle valor agregado a residuos agroindustriales procedentes del procesamiento del maracuyá (cáscara de maracuyá), cuyo propósito es aprovechar la bondad nutricional que presenta este residuo, por su gran contenido de fibra dietética y compuestos fenólicos y ser utilizados en productos saludables, como pan de molde y galleta fortificada.

Con esta investigación se desea obtener un producto alimenticio saludable con ingredientes que sean accesibles en los mercados y añadiendo residuos agroindustriales procesados, y así poder consumir en cualquier momento, y a la vez este producto se pueda acompañar con otros alimentos.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Obtener productos saludables de panificación, como pan de molde y galleta fortificada, utilizando harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), variedad amarilla y ácido ascórbico.

1.6.2 Objetivos específicos

- ✓ Obtener harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), var. amarilla y determinar sus propiedades fisicoquímicas.
- ✓ Formular productos saludables de panificación (pan de molde y galletas fortificadas) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y ácido ascórbico usando un Diseño Central Compuesto Rotable mediante el software STATISTICA v12.
- ✓ Determinar las características fisicoquímicas, tecnológicas (volumen específico y análisis de perfil de textura), funcionales (fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI), fibra dietaria soluble (FDS), polifenoles totales y capacidad antioxidante)
- ✓ Evaluar las características sensoriales e intención de compra del pan de molde y galleta fortificada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos de la investigación

2.1.1 Productos o alimentos saludables

“La alimentación es la ingesta de alimentos para aprovechar de ellos los nutrientes necesarios que el cuerpo necesita para mantener o conservar la salud o para cumplir las funciones vitales en el organismo”; “es un proceso voluntario y consciente que incluye varias etapas: selección, preparación e ingestión de los alimentos”. (Coronel y Villalva, 2011).

“Un alimento es un producto o una sustancia de origen vegetal o animal, sólidos o líquidos, naturales o procesados susceptibles de ser ingerido y digerido, cuyas características lo hacen apto y agradable al consumo”, está constituido por “una mezcla de nutrientes que cumplen funciones esenciales en el organismo, tales como: aporte de energía, crecimiento, regulación y placer y palatabilidad”. (Carbajal, 2013).

Un producto o alimento saludable es aquel alimento que logre cubrir adecuadamente las necesidades básicas, funcionales en el organismo, y debe proporcionar una composición integral, equilibrada, completa, requerida, variada y salubre que prevenga la aparición de enfermedades relacionadas con un aporte escaso o excesivo de calorías y nutrimentos para un correcto crecimiento y desarrolla las capacidades físicas e intelectuales; deben ser prioritariamente reducidos en sal, grasas y azúcares añadidos. (Izquierdo et al., 2004).

Un producto o alimento saludable debe cumplir las siguientes características (Mariño, Núñez y Gámez, 2015):

- ✓ “**Completa**: debe contener todos los micro y macronutrientes (Proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales), agua, fibra y compuestos bioactivos”.
- ✓ “**Equilibrada**: debe incluir proporciones adecuadas de los grupos de alimentos, los cuales al ser combinados aporten la energía y nutrientes para promover el crecimiento y/o mantenimiento de la salud”.

“Proteínas: 10 a 15% de las calorías diaria total”.

“Grasas: 15 a 30%, la ingesta de ácidos grasos saturados no debe superar el 10%, monoinsaturados 15% y poliinsaturados 7%; es recomendable una relación de ácidos grasos omega-6 y omega-3 de 5/1. Evitar el consumo de

grasas trans”.

“Carbohidratos: 55 a 75%, sus componentes deben estar presentes en cantidades proporcionales, uno respecto a los otros, el consumo de fibra dietética debe ser de 20 a 35 g” (Escudero y Gonzáles, 2006).

- ✓ “**Suficiente**: debe contener la cantidad de nutrientes que promueva el crecimiento y mantenimiento del peso saludable en todas las etapas de la vida.
- ✓ **Adecuada**: debe ajustarse a los gustos, preferencias, costos y hábitos alimentarios de las personas”.
- ✓ “**Inocua**: debe estar libre de componentes que no pongan en riesgo la salud (exenta de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas y contaminantes xenobióticos)”.

2.1.2 Alimentación saludable

“La alimentación saludable es aquella que al consumir un alimento saludable permite alcanzar y mantener un funcionamiento óptimo del organismo, conservar o restablecer la salud, disminuir el riesgo de padecer enfermedades, asegurar un crecimiento y desarrollo óptimos” (Carbajal, 2013).

2.1.3 El maracuyá (*Passiflora edulis* Sims)

2.1.3.1 Generalidades

García (2002) refiere que “el maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) es una planta originaria de la Amazonía brasileña, conocida con el nombre común de maracuyá, parchita, calala, maracujá, yellow passion-fruit”.

“La palabra maracuyá proviene del portugués-brasileño maracuyá, de origen indígena que significa: comida preparada en Totuma”. (Centro Experimental, 2002). “El maracuyá se cultiva mayormente en climas tropicales y subtropicales y hay dos variedades: *Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa*, cuyos frutos son amarillos, crece desde el nivel del mar hasta 1000 msnm; y, *Passiflora edulis* Sims var. *purpurea*, con frutos color púrpura y que se adapta a zonas altas por encima de 1200 msnm”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1991).

Cañizares y Jaramillo, (2015) refieren que “el maracuyá es una de las frutas que más se comercializan en el mercado, tanto nacional como internacional, por ello es transcendental conocer de donde proviene”. “Es una planta trepadora del género *Passiflora*, nativa de regiones cálidas de América del Sur; apreciada por su

fruto y flores es cultivada en ocasiones como ornamental. La infusión de sus hojas y flores se utiliza como medicinales”.

2.1.3.2 Descripción botánica y morfológica

Rea (2017) describe “al maracuyá como una fruta globosa u ovoide de color rojo intenso a amarillo cuando está maduro, las semillas con arilo carnoso muy aromáticas, miden de 6 a 7 cm de diámetro y entre 6 a 12 cm de longitud”. El fruto presenta tres divisiones:

“Epicarpio: es la cáscara o corteza del fruto, es liso y está cubierto de cera natural que le da brillo”.

“Mesocarpio: es la parte blanda porosa y blanca, formada principalmente por pectina, tiene grosor aproximadamente de 6 mm que, al contacto con el agua, se reblandece con facilidad”.

“Endocarpio: es la envoltura (saco o arilo) que cubre las semillas de color pardo oscuro. Contiene el jugo de color amarillo opaco, bastante ácido, muy aromático y de sabor agradable”.

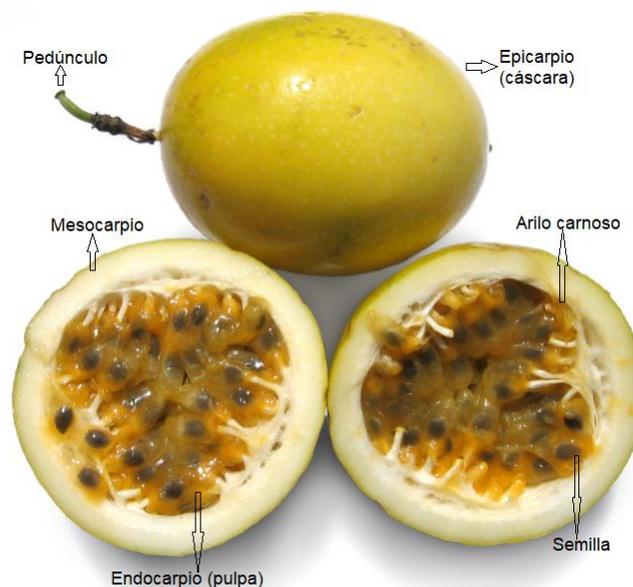


Figura 1: Fruto de maracuyá y sus partes

Fuente: Rea, 2017.

2.1.3.3 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del maracuyá es como sigue:

Reino	: Vegetal
División	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledóneas
Subclase	: Archichlamydeae
Orden	: Passiflorales
Suborden	: Flacontineas
Familia	: Passifloraceae
Género	: Passiflora
Especie	: Edulis
Variedades	: Flavicarpa, Purpúrea
Nombre científico	: <i>Passiflora edulis</i> Sims
Nombre vulgar	: Maracuyá pasionaria, fruta de la pasión, parchita

Fuente: Agribusiness (citado en Zavaleta, 2016).

2.1.3.4 Variedades

Existen dos variedades del maracuyá, “el púrpura de la especie botánica *Passiflora edulis* var. purpúrea; y el amarillo variedad identificada botánicamente como *Passiflora edulis* var. Flavicarpa, por tener un mayor rendimiento y ser más resistente a enfermedades agronómicas en comparación a la variedad púrpura”. (Agribusiness, citado en Zavaleta, 2016).

2.1.3.5 Composición del fruto de maracuyá

Tabla 1: Composición del fruto fresco de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims)

Componente	Cantidad (%)
Jugo	23,2
Cáscara	50,3
Semillas	26,2

Fuente: Ferrari, Colussi y Ayub., 2004

2.1.3.6 Usos

“El maracuyá presenta cualidades farmacodinámicas y alimenticias de su jugo, cáscara y semillas, la acción sedativa y tranquilizante se debe a la presencia de flavonoides, lo cual ha sido comprobada en diversas investigaciones”. Además, “el jugo puede ser industrializado para la elaboración de cremas, dulces, licores, confites, néctares, mermeladas, refrescos, concentrados y pulpa”. “La fruta fresca está compuesta por 20 a 30% de jugo, 50 a 60% de cascara y el restante es semilla, la cáscara es utilizada para preparar raciones para alimentos de animales por ser rica en proteínas, carbohidratos y pectinas”. “Las semillas contienen un 10% de proteínas y 20% de aceite comestible, que es de mejor calidad que el aceite de algodón en relación con el valor alimenticio y digestibilidad”. (Olaya, citado en Zavaleta, 2016).

2.1.4 Cáscara de maracuyá

2.1.4.5 Generalidades

Quintero (2013) refiere que “la cáscara de maracuyá es un subproducto de las agroindustrias, siendo utilizado en la alimentación de los animales”. “Entre los residuos orgánicos de mayor importancia y relevancia en el área hortofrutícola se encuentran las cáscaras, las semillas, las pulpas entre otros”.

“Análisis de laboratorio demuestran que la cáscara de maracuyá contiene aproximadamente 60% de fibra dietética en base seca, podría ser utilizado como agente espesante que actualmente se utilizan en la industria de conservas como la pectina y goma xanthan”. (Canteri *et al.*, 2010)

2.1.4.6 Composición química

“Diversos estudios demostraron que la harina de cáscara de maracuyá disminuyó los niveles de colesterol en mujeres entre 30 y 60 años (colesterol \geq 200 mg/dL), la corteza de esta fruta también es rica en niacina (vitamina B₃), hierro, 5 calcio, y fósforo”. (Quintero, 2013).

En la tabla 2 se presenta la composición química de la cáscara de maracuyá.

Tabla 2: Composición química de cáscara del maracuyá

Componente	%base húmeda¹	% base seca²
Agua	88,31	
Materia seca		87,50
Materia orgánica		
Proteína	4,38	7,70
Fibra dietética	25,66	39,74
Grasa	-	2,87
Ceniza	6	8,57

Fuente: ¹Rodríguez, 2014; ²Bermeo, 2005 citado en Luna, 2014

“La cáscara de maracuyá contiene en su mayoría pectinas de alto metoxilo, que es beneficiosa para los seres humanos porque ayudan a bajar la glucosa y colesterol en la sangre”. (Addosio *et al.*, 2005).

“La cáscara de maracuyá tiene un 55,42% de fibra dietética total, de los cuales el 41,19% es fibra dietética insoluble y el 9,04% es fibra dietética soluble; la fibra dietética insoluble está conformada por: hemicelulosa A (2,35%), hemicelulosa B (4,47%), celulosa (15%) y lignina (21,49%)”. (Cruz, Guamán, Castillo, Glorio y Martínez, 2015).

“En la corteza del maracuyá, particularmente el endocarpio, es una de las materias primas para la producción de pectina, cuyo contenido de pectina de la corteza oscila entre el 12 a 15% del peso seco”. (Mazza, 2002 citado en Escobedo, 2013).

2.1.5 Harina de cáscara del maracuyá

“La harina de cáscara de maracuyá contiene pectinas de valioso metóxilo que es beneficiosa para los humanos; ayudan a disminuir la glucosa y colesterol en la sangre, rica en niacina (vitamina B3), hierro, calcio, y fósforo; también contiene compuestos fenólicos”. (Calderón y Noriega, 2017).

Plaza, Tarira y Terán (2010) indican que la pectina en la cáscara de maracuyá favorece la disminución de la absorción de carbohidratos por parte del organismo al formar un gel a nivel del estómago, que se utiliza para controlar la fibra insoluble y los niveles de azúcar en sangre, la formación del bolo fecal, reducción de toxinas y presión abdominal.

2.1.6 Harina de trigo

2.1.6.5 Generalidades

“Producto elaborado con trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o ambos, por medio de procedimientos de molienda en los que se separa parte del salvado y del germen hasta obtener un producto con la granulometría requerida”. (CANIMOLT, 2020).

Villanueva (2014) refiere que “la harina de trigo es un tipo de alimento crucial en la alimentación global, se estima que al año se destinan al procesamiento de productos para consumo humano más de 600 millones de toneladas”; a la vez “es influenciado por factores como la variedad de trigo sembrado, el clima, el tipo de suelo, las condiciones en las que se almacenan y procesan, los cuales se reflejan en la calidad de la harina de trigo y que influyen durante el procesamiento y características finales de los productos elaborados”.

2.1.6.6 Composición química

En la tabla 3 se presenta la composición proximal de la harina de trigo.

Tabla 3: Composición proximal de la harina de trigo

Componente	Valores (%)	
	A	B
Humedad	-	10,8
Proteína	7,5 – 15	10,5
Grasa	1,0 – 1,5	2,0
Cenizas	0,3 – 1,0	0,4
Carbohidratos	68,0 – 75,0	76,3
Fibra dietaria	-	2,7

Fuente: A: De la Cruz (2009), B: Reyes (2017)

2.1.6.7 Clasificación de harinas de trigo

Magdalena (2013) señala que “una de las clasificaciones más usuales de las harinas que podemos controlar por el etiquetado es aquella que se hace en base a la cantidad de proteína precursora del gluten que contienen”, las que se citan:

“**Harina fuerza**: Proviene de los trigos duros, con alto contenido en gluten (contenidos más altos de glutenina que de gliadinas), que le confieren una gran

resistencia al estirado”, además, “estas harinas deben tener al menos un 12% a 15% de proteínas y pueden absorber hasta 750 g de agua por kg”.

“**Harina floja**: Proviene de los trigos blandos, con bajo contenido en gluten inferior a 10%, estas harinas absorben menos agua que la harina fuerza (500 g por kg), aunque produce unos panes más tiernos pero que se endurecen más rápidamente”.

“**Harinas de media fuerza o panificable**: El contenido de proteína está entre el 10-11%, puede conseguirse mezclando la mitad de la cantidad de harina requerida de harina fuerza y la otra mitad de harina floja”.

Tabla 4: Valores de proteína según tipo de harina de trigo

Tipo de harina	Valores de proteína (%)
Harinas flojas (para biscochos, pasteles, galletas)	8 – 9
Harinas media fuerza o panificables	10 – 11
Harinas fuerzas y gran fuerza (brioches, masas con mucha grasa y mucha azúcar)	12 - 14

Fuente: Magdalena (2013)

2.1.7 Fibra dietética (FD)

2.1.7.5 Generalidades

La AACC (2001) conceptualiza que: “La fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso”. “La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta, promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre”, también “la fibra funcional o añadida incluye otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa, por tanto, la fibra total sería la suma de fibra dietética más fibra funcional”.

Saura-Calixto y Jiménez-Escrig (2001) citado por Ivana (2013) refieren que “la importancia que ha adquirido el consumo de fibra dietética (FD) ha conllevado al

desarrollo de nuevos alimentos, más saludables y con un alto contenido de fibra dietética, vitaminas y bajo tenor de colesterol”.

Según Rojas Hidalgo (1976) citado por Ivana (2013), “la fibra no es una sustancia sino un concepto, más aún, una serie de conceptos diferentes en la mente del botánico, químico, fisiólogo, nutriólogo o gastroenterólogo”.

Trowell y col. (1976) citado en Ivana (2013) consideran “fibra dietética a los polisacáridos vegetales y a la lignina, los cuales son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del ser humano”.

“La FD son sustancias de origen vegetal, carbohidratos, excepto la lignina, que resisten la hidrólisis por parte de las enzimas digestivas humanas y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica”. (Ivana, 2013).

2.1.7.6 Clasificación de la fibra dietética

Por su grado de solubilidad la fibra dietética se clasifica (Tabla 5) como: “fibra dietética insoluble como celulosa, lignina y parte de la hemicelulosa; y fibra dietética soluble, tales como las pectinas, gomas y mucílagos”. (Chawla y Patil, 2010; Westenbrink *et al.*, 2013).

“También se puede clasificar de acuerdo al grado de fermentación por las enzimas del intestino humano principalmente en el colon tal como se presentan en la tabla 6 (no fermentables: <10%, parcialmente fermentables: 10 a 70% y los fermentables: >70 por ciento” (Fuller *et al.*, 2016).

“Todos los tipos de fibra a excepción de la lignina pueden ser fermentados por las bacterias intestinales, aunque en general las solubles en mayor cantidad que las insolubles”. Entonces, “los fructanos y los almidones resistentes tienen una fermentación cercana al 100 por ciento; las pectinas, gomas y mucílagos con 80-95%; mientras que la celulosa entre un 15 y 50%” (Redondo, 2002).

Tabla 5: Clasificación de fibra dietética por el grado de solubilidad acuosa

Fibras insolubles en agua	Fibras solubles en agua	Fibras altamente solubles en agua
Lignina	Hemicelulosa tipo A	Inulina
Celulosa	Pectinas	Fructo-oligosacáridos
Hemicelulosa tipo B	Gomas	Almidones resistentes
	Mucílagos	Azúcares no digeribles
	Otros polisacáridos	

Fuente: Escudero y González, 2006

Tabla 6: Clasificación de fibra dietética por el grado de fermentación

Fermentación total en el colon	Fermentación parcial en el colon	Fermentación nula en el colon
Gomas	Celulosa	Lignina
Pectinas	Hemicelulosa tipo B	
Mucílagos		
Fructo-oligosacáridos		
Galacto-oligosacáridos		
inulina		
Almidones resistentes		
Hemicelulosa tipo A		

Fuente: Escudero y González, 2006

“La fibra dietaria basada en su solubilidad en agua, debe ignorarse y puede reemplazarse por viscosa y no viscosa, o fermentable y no fermentable, pues las fibras solubles tienen la misma capacidad viscosa, como la inulina, que forma una solución de baja viscosidad”. (Slavin, 2005).

A) Fibra dietética insoluble (FDI)

“La FDI incluye la celulosa, algunas hemicelulosas, lignina y otros polifenoles. A diferencia de la fibra soluble, apenas es fermentada por las bacterias colónicas”. “Presenta un importante papel en la formación y el tránsito intestinal del bolo fecal, aumentando el volumen del mismo y disminuyendo su tiempo de tránsito”. Sin embargo, se sabe que “algunas fibras insolubles son rápidamente fermentadas y ciertas fibras solubles no afectan a la absorción de glucosa”. “Por lo que la clasificación de los tipos de fibra se considera más compleja y actualmente no se recomienda utilizar esta terminología”. (Slavin, 2013).

“Existe una gran variedad de componentes no convencionales asociados a la fibra dietética, los cuales por su baja digestibilidad pueden contribuir con propiedades semejantes”, en ese sentido, “su inclusión dentro de la fibra es motivo de controversia, tal es el caso de los taninos, ceras, glicoproteínas, minerales, compuestos de Maillard, quitina y formas provenientes del metabolismo digestivo del hombre (polidextrosas)” (Pak, 1996 citado en Ivana, 2013).

“La naturaleza química de la FD varía entre las diferentes capas de una semilla. Generalmente, en los cereales las capas externas son ricas en FDI mientras que la fracción de FDS es mayor cerca del endospermo”, en tanto, “los procesos de molienda pueden ser modulados para obtener fracciones ricas en FD y también para incrementar la relación de FDS/FDI” (Vitaglione *et al.*, 2008 citado en Ivana, 2013).

B) Fibra dietética soluble (FDS)

“La fibra soluble en contacto con agua forma un retículo donde ésta queda atrapada, dando lugar a soluciones de gran viscosidad”. “Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte de su potencial anticarcinogénico”. “Dada la capacidad de la FDS de formar geles, tiene la propiedad de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y absorción de los alimentos, generando una mayor sensación de saciedad” (Tiway y col., 1997 citado en Ivana, 2013).

“La FDS incluye el almidón resistente, pectinas, gomas, mucílagos, algunas hemicelulosas y polisacáridos no amiláceos de reserva de la planta, son muy hidratables que forman geles en el tracto digestivo”. “A esta característica se deben muchos de sus efectos fisiológicos como son el retraso en el vaciamiento gástrico o el enlentecimiento y disminución de la absorción de ciertos nutrientes en el intestino delgado”. “Al llegar al colon, sufren un proceso de fermentación por las bacterias allí presentes, produciéndose ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato, butirato)”. (Slavin, 2013).

2.1.8 Propiedades funcionales de la fibra dietética

“Se denominan así por los efectos fisiológicos benéficos en el organismo, conocidas como propiedades fisicoquímicas por su dependencia con la estructura química de los polisacáridos y la influencia de factores como el tamaño de

partículas, pH, temperatura y fuerza iónica” (Fleury y Lahaye, 1991 citado en Ivana, 2013), estas propiedades son:

2.1.8.1 Degradación bacteriana

“La FD no puede ser degradada enzimáticamente por el intestino delgado de los mamíferos”, en tanto, “es fermentable en distinto grado en el intestino grueso, tales como, pectinas, mucílagos y gomas resultan ser completamente degradados, mientras que la celulosa, lo es sólo parcialmente”. (Valenzuela y Maiz, 2006).

La degradación bacteriana presenta varios efectos resaltantes:

- ✓ “Las cadenas cortas de ácidos grasos producidas pueden influenciar las respuestas fisiológicas de la fibra” (Pomare, Branch y Cummings, 1985),
- ✓ “Los procesos de fermentación pueden producir una disminución del pH del intestino grueso y afectar el metabolismo microbiano”.
- ✓ “Las células bacterianas pueden contribuir significativamente al peso de la materia fecal y, por consiguiente, al volumen de la materia fecal”.

2.1.8.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

“La CRA expresa la cantidad máxima de agua a ser retenida por gramo de material seco en presencia de agua y bajo la acción de una fuerza patrón y que se encuentra en equilibrio con el medio de potencial químico conocido” (Thibaut, Lahaye y Guillon, 1992).

“La capacidad que tiene la FD para retener agua es de suma importancia, en relación con la formulación y el procesamiento de alimentos altos en fibra, ya que de esta propiedad depende en gran medida el nivel máximo de incorporación de la misma” (Ruiz, 2016).

“La CRA está influenciada por la naturaleza de la matriz fibrosa y por la forma en cómo se encuentra ligada a las moléculas de agua” (Ruiz, 2016). “Es importante por su grado de asociación con efectos saciantes, el aumento del tamaño del bolo alimenticio, el peristaltismo intestinal y los incrementos del volumen y el peso de las heces, además de su efecto laxante” (Ruiz, 2016). “La hidratación de las fibras resulta en la formación de un gel, por lo tanto, la difusión de nutrientes para su absorción puede disminuir debido a la partición de los mismos entre el gel y el medio acuoso del intestino”, así como por el aumento de la viscosidad del

contenido fecal. “Cabe señalar que las pectinas, mucílagos y algunas hemicelulosas poseen una gran capacidad de retención de agua” (Dello, 2003).

2.1.8.3 Capacidad de adsorción de aceite (CAAc)

“La capacidad de adsorción de aceite se denota como la cantidad de aceite adsorbido por las fibras después de mezclado y centrifugado, bajo determinadas condiciones de tiempo y temperatura” (Elleuch *et al.*, 2011). “La unión entre el aceite y la harina rica en fibra está relacionada con la composición nutricional y la porosidad. En fibra con alta hidratación, el agua ocupa los espacios porosos y reduce significativamente la unión con el aceite” (Tungland y Meyer, 2006). “La alta capacidad de adsorción de aceite es importante porque favorece a la estabilización de emulsiones en productos con alto contenido de grasa” (Elleuch *et al.*, 2011).

2.1.8.4 Intercambio de cationes

“La reducción de la disponibilidad de minerales y la absorción de electrolitos asociado con algunas dietas ricas en fibra, son indudables debido a la unión de minerales y electrolitos a la matriz de la misma”. “El número de grupos carboxilo libres en los residuos de azúcar y el contenido de ácido urónico de los polisacáridos parece estar relacionado con las propiedades de intercambio de cationes de las fibras” (Fuller *et al.*, 2016).

“La fibra rica en ácido urónico tiene facultad para fijar calcio, fósforo, cinc, hierro y magnesio, por lo que puede alterar la absorción de los mismos. Si el aporte de fibra se corresponde con las recomendaciones habituales no existirá ningún problema carencial causado por el balance negativo de los minerales mencionados”. (Ruiz, 2016).

2.1.9 Compuestos fenólicos

“Los compuestos fenólicos o polifenoles son metabolitos secundarios de origen vegetal considerados como los principales antioxidantes en los alimentos, estos son los más abundantes en nuestra dieta, por lo que mucho de los efectos benéficos asociados al consumo de alimentos de origen vegetal, se atribuyen a estos compuestos”. (Rinaldo *et al.*, 2010).

“Los compuestos fenólicos se encuentran distribuidos en todas las plantas, especialmente en frutas y hortalizas, y como consecuencia en sus derivados, como la cerveza, el vino, el aceite de oliva, el zumo vegetal; también se encuentran en leguminosas y cereales”. (Soriano, 2006 citado en Barea 2015).

Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes mediante dos mecanismos:

- “Por su facilidad para ceder un radical hidrógeno de un grupo hidroxilo aromático a un radical libre, dada la posibilidad de deslocalización de cargas en el sistema de dobles enlaces del anillo aromático”. (Duthie et al., citado en Barea, 2015).
- “Por su facilidad para quelar iones metálicos (principalmente hierro y cobre) y por tanto, inhibir la formación de radicales libres a través de reacciones de Fenton”. (Khokhar et al., citado en Barea, 2015).

Según el aspecto químico, “los compuestos fenólicos se caracterizan por tener al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos” (Figura 2). “Se han identificado más de 8.000 estructuras fenólicas que se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal”. “Los hay simples, de bajo peso molecular con un único anillo aromático y complejos como los taninos y los derivados polifenólicos”. (Martínez, Pierago y Ros, 2000).

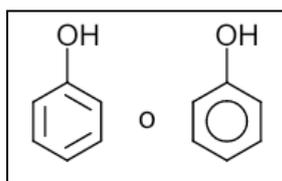


Figura 2: Estructura simple de los compuestos fenólicos

Fuente: Martínez, Pierago y Ros, 2000

Terpinc *et al.*, (2012) precisan que “los compuestos fenólicos se asocian al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal”.

Por la gran variedad de sustancias fenólicas descritos, su estructura clasificativa es un trabajo complicado. Waterhouse (2002) propone “una clasificación de los fenoles en función de su estructura química básica” (tabla 7).

Tabla 7: Clasificación química de los compuestos fenólicos

Tipo	Estructura	Clasificación	
Flavonoides	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoles	
		Flavonas	
		Flavan-3-oles	
		Proantocianidinas (taninos no hidrolizables)	
		Antocianidinas (Antocianos)	
		Flavononas	
		Isoflavonas	
No Flavonoides	C ₆ -C ₃	Ácidos hidroxicinámicos	
	C ₆ -C ₁	Ácidos hidroxibenzoicos	
	(C ₆ -C ₁)	+ azúcar	Taninos hidrolizables
	(C ₆ -C ₃)		
	C ₆ -C ₂ -C ₆	Estilbenos	

Fuente: Waterhouse, 2002

“La concentración máxima de polifenoles totales en el liofilizado de maracuyá determinados por el método de Folin- Ciocalteau, fue de 807,6 EAG (equivalentes de ácido gálico) $\mu\text{g}/\mu\text{g} \pm 60,5$ a una concentración de 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ” (Barrantes y Peche, 2018).

“El análisis fitoquímico cualitativo de los extractos de la pulpa del maracuyá (*Passiflora edulis*), reveló la existencia de flavonoides, saponinas, fenoles y taninos” (Pardo, 2015).

En la bibliografía consultada no existen reportes sobre el estudio de compuestos fenólicos en cáscara de maracuyá.

2.1.9.1 Flavonoides

“Los Flavonoides representan el grupo de compuestos fenólicos más importante por su gran variabilidad estructural y su presencia en la mayoría de alimentos de origen vegetal” (Harborne & Williams, 2000).

“Se presentan en concentraciones considerables en la epidermis de las hojas y la piel de las frutas y juegan un papel importante como metabolitos secundarios”.

“En las plantas se involucran en procesos tan diversos como la protección UV, la pigmentación, la estimulación de los nódulos fijadores de nitrógeno y resistencia a enfermedades” (Cartea *et al.*, 2010).

“Los flavonoides se subdividen principalmente en flavonas, flavonoles, flavan-3-oles, isoflavonas, flavanonas y Antocianidinas”. “Otros grupos de flavonoides, que cuantitativamente se encuentran en menor número en la dieta, son los dihidroflavonoles, flavan-3,4-dioles, cumarinas, chalconas, dihidrochalconas y auronas”. (Biesaga, 2011).

“Los flavonoides se encuentran principalmente en el té, vino tinto, frutas y hortalizas verdes. Los frutos rojos son ricos en antocianos, los cítricos en flavanonas, la soja en isoflavonas, etc.” (Chun *et al.*, 2007)

2.1.9.2 No Flavonoides

“Estos compuestos forman un amplio grupo dentro de los polifenoles, poseen generalmente una estructura química más sencilla que la de los flavonoides”. “Los principales no flavonoides presentes en la dieta son los ácidos fenólicos $C_6 - C_1$, sobre todo el ácido gálico, precursor de los taninos hidrolizables, los ácidos hidroxicinámicos $C_6 - C_3$ y sus derivados conjugados, y los estilbenos $C_6 - C_2 - C_6$ ” (Landete, 2011).

“Los no flavonoides o ácidos fenólicos son abundantes en los alimentos. Los más frecuentes son el ácido cafeico, y en menor medida el ácido ferúlico, que se encuentra asociado a la fibra dietética mediante la formación de enlaces éster con componentes de la hemicelulosa”. (Scalbert y Williamson, 2000).

2.1.10 Antioxidantes

“Son moléculas capaces de prevenir o retardar la velocidad de oxidación de las sustancias autooxidables (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, complejas como lípidos y proteínas”, en tanto, “al dar un electrón a los radicales libres se desactivan, apagando el proceso de oxidación, y transformándose ellos en radicales libres inactivos o flojos, todo ello evitan la pérdida de olores, sabores y apariencia general de los alimentos” (Fennema, 2010; Reyes, Galicia y Carrillo, 2011).

“Un antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas, la primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser

oxidado, puede retrasar o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre y la segunda, no puede actuar en oxidaciones posteriores” (Rice-Evans *et al.*, 1996).

“Los antioxidantes son compuestos o sistemas que retrasan la autooxidación inhibiendo la formación de radicales libres o interrumpiendo la propagación del radical libre por uno (o más) de varios mecanismos”. (Ángelo y Jorge, 2007).

“Los antioxidantes más efectivos son aquellos que interrumpen la reacción en cadena de los radicales libres, generalmente contienen anillos aromáticos o fenólicos, estos antioxidantes donan H• a los radicales libres formados durante la oxidación”. (Brewer, 2011).

“Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular, y su número limitado y controlado resulta beneficioso para el organismo, por su papel que desempeñan dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos”, pero, “cuando aumentan este se inestabiliza y produce resultados negativos como es el caso de enfermedades degenerativas como alteraciones en el aparato circulatorio, sistema nervioso, cáncer, SIDA o el envejecimiento, debido a la alteración del ADN de las células”. (Kehrer, Robertson y Smith, 2010).

“Los antioxidantes naturales son un grupo de vitaminas y otros compuestos vegetales y enzimas que bloquean el efecto perjudicial de los radicales libres, se refiere a aquellas sustancias que pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales”, y “a aquellos que se forman durante el cocinado o el proceso de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal”. (Yanishlieva, Pokorny y Gordon, 2005).

“Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, entre los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos” (Yanishlieva, Pokorny y Gordon, 2005).

2.1.11 Capacidad antioxidante

“La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su propiedad de quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres, aunque en ocasiones también pueden promover reacciones de oxidación *in vitro*” (Decker, 1997).

“Cuando se neutralizan radicales libres, los compuestos fenólicos actúan como donantes de hidrógeno o electrones debido a su bajo potencial redox, que les hace termodinámicamente capaces de reducir radicales libres altamente oxidantes como el radical superóxido, peróxido, alcoxilo e hidroxilo en reacciones de terminación que interrumpen las reacciones de oxidación en cadena” (Pietta, 2000).

“También la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionada con su capacidad para inhibir ciertas enzimas implicadas en la generación de especies reactivas del oxígeno”, también se ha descrito que “ciertos flavonoides pueden inhibir la xantina oxidasa, ciclooxigenasa, lipoxigenasa, glutatión S-transferasa, succinoxidasa mitocondrial y NADH oxidasa”. (Hanasaki, Ogawa y Fukui, 1994).

“Los mecanismos de acción y particularidades por los que los fenoles presentan actividad antioxidante son diversos. Cada fenol actuará por uno o más mecanismos, según sus propiedades características. La explicación química de estos mecanismos se conocen para determinados grupos de fenoles” (Montoro *et al.*, 2005).

“La ingesta de alimentos ricos en sustancias antioxidantes como vitaminas C y E, carotenoides o compuestos fenólicos, previene o disminuye el desarrollo de enfermedades en cuyo origen puede encontrarse el daño oxidativo” (Pietta, 2000).

“El daño o estrés oxidativo es un estado donde la célula está alterada la homeostasis óxido-reducción intracelular, es decir, aumentando la velocidad de generación de ROS (Especies reactivas de oxígeno) disminuyendo los mecanismos de defensa”. “En esta situación de estrés oxidativo se manifiestan las lesiones que producen los radicales libres al reaccionar con lípidos, proteínas, carbohidratos, ADN y componentes de la matriz celular, desencadenando un daño irreversible que puede llevar incluso a la muerte celular”. (Ziech *et al.*, 2010).

2.1.12 Uso del ácido ascórbico en panificación

“Los agentes oxidantes son muy utilizados en la industria alimentaria; en el caso de estructuras panarias se usan porque eliminan del sistema los grupos —S—H de las proteínas solubles”. “El resultado es que se producen cambios en el equilibrio de las reacciones de la glutenina que conducen a la formación de enlaces —S—S— entre moléculas de glutenina y no enlaces —S—S— entre proteínas solubles

y gluteninas, dando lugar a una estructura más elástica”. “El efecto global es la producción de una red de gluten más fuerte, estable y elástica, capaz de expandirse sin rupturas durante el período de crecimiento rápido de los alvéolos de gas en la fase más temprana del proceso de horneado” (Williams y Pullen, 1998).

“Uno de los agentes oxidantes más utilizados está el ácido ascórbico, y mezclados con harina, reacciona en presencia de la ácido-ascorbicodasa, con pérdida de dos átomos de hidrógeno y formación de agua y ácido dehidroascórbico, que es el agente oxidante”. “En definitiva, la importancia funcional del ácido L-ascórbico en la panificación se debe a su capacidad de transformarse rápidamente en ácido dehidroascórbico, que es su forma oxidada” (Quaglia, 1991 citado en Murga y Sánchez, 2013).

“El ácido ascórbico es una sustancia oxidante que mejora la masa, ya que refuerza las propiedades mecánicas del gluten, aumenta la capacidad de retención del gas carbónico dando como resultado un pan con mayor volumen y una miga más uniforme”. (Peñasco, 1999; citado en Murga y Sánchez, 2013).

“La dosis máxima autorizada por la Reglamentación Técnico-Sanitaria española es de 20 g por cada 100 kg de harina”. “El ácido ascórbico es un agente antioxidante, que favorece la unión entre cadenas de proteínas, que, por acción de la energía mecánica proporcionada a la masa durante el amasado, van formando una red de gluten más y más fuerte”. “Este refuerzo de la malla de gluten se traduce primero en una mayor tolerancia de las masas ya que son menos pegajosas y, por tanto, más fácilmente manejables”. Además, “la malla reforzada de gluten permite mejor retención de gases liberados en la fermentación y que durante el amasado incorpora oxígeno transformándose en ácido dehidroascórbico, que a su vez durante la fermentación se transforma en ácido ascórbico + oxígeno, actuando, así como oxidante”. (Peñasco, 1999; citado en Murga y Sánchez, 2013).

“En 1935, Jorgensen observó que agregando entre 20 a 30 mg de ácido ascórbico, en la harina de trigo, causaba un aumento pronunciado en la fuerza de la masa y como consecuencia un aumento en el volumen del pan”. “Actualmente es uno de los insumos más utilizados en los aditivos mejoradores de masa para la industria de la panificación”. (Ribotta *et al.*, 1999; citado en Moreno, 2017).

“Sin oxidante, las proteínas son permeables al gas, mientras que con el oxidante se forman enlaces entre las proteínas volviéndose éstas más impermeables al gas, la retención será mejor”. “Cuanto más oxidante más enlaces se forman y por tanto más tenaz será la masa, no obstante, es preciso encontrar un equilibrio, pues si la masa es demasiado tenaz no desarrollará y obtendremos poco volumen”. (Peñasco, 1999; citado en Murga y Sánchez, 2013).

2.1.13 Pan de molde

“El pan de molde, pan lacteado, pan láctalo o pan de caja es un pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes, suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al resto de los panes”. “Su contenido en grasas es mayor que el pan común, ya que, a diferencia de este último, acostumbra llevar grasas, leche y huevo”. (Quaglia, 1991).

“El pan de molde es más duradero que el pan común, los procesos son similares, pero la formulación varía, luego la masa es moldeada para darle la forma característica, se rebana y se embolsa, esta mantiene fresca en aproximadamente dos semanas”. “El valor energético del pan de molde es parecido al del pan común, y será mayor según se le añada azúcar, aceite, grasa, leche, mantequilla y otros ingredientes”. (Callejo, 2010).

Según *Norma Legal 206.004:1988 - INDECOPI*, define “al pan de molde, tanto blanco como integral, como aquel que tiene una ligera corteza blanda y que para su cocción ha sido introducido en molde, se comercializa envasado en bolsas de polipropileno”.

“La composición nutritiva del pan tipo molde puede variar según la presentación (pan de molde blanco, pan integral, pan de molde tostada), además de otros componentes que se pueden añadir para mejorar su calidad nutritiva” (Callejo, 2010)

La tabla 8 muestra la composición química del pan de molde tipo blanco, que es el más comercial.

Tabla 8: Composición química del pan de molde blanco (En 100 g)

Componente	Cantidad (g)
Calorías	317 Kcal
Humedad	20,8
Grasa total	2,5
Proteínas	6,8
Fibra dietaria	2,4
Cenizas	0,7
Carbohidratos totales	69,2
Calcio	13 mg
Fósforo	60 mg
Zinc	0,74
Hierro	0,4
Tiamina	0,08 mg
Riboflavina	0,16 mg
Niacina	1,22 mg

Fuente: Reyes *et al.*, 2017

2.1.14 Galletas

“Las galletas son productos alimenticios elaborados a base de una mezcla de harina, grasa, comestibles y agua, con la adición de a veces azúcares, aromas, especias, etc.” “Al ser sometidas a un proceso de amasado y posteriormente un proceso térmico, dan lugar a un producto de presentación muy variado caracterizado por su bajo contenido de humedad” (Escobar, 2006).

“Las galletas son productos muy populares, elaborados de trigos duros y blandos y se puede sustituir con harinas provenientes de materias primas no tradicionales como tallos, cáscaras, inflorescencias y raíces y ser incorporadas para incrementar fibra y proteínas”. (García y Pacheco, 2007)

Según INDECOPI (citado en Ocampo, 2015) las galletas se clasifican como sigue:

- ✓ “**Galletas simples:** son aquellas sin ningún agregado posterior”.
- ✓ “**Galletas saladas:** aquellas que tienen connotación salada”.
- ✓ “**Galletas dulces:** aquellas que tienen connotación dulce”.
- ✓ “**Galletas wafer:** producto obtenido a partir del horneado de una masa líquida (oblea) adicionada un relleno para formar un sándwich”.
- ✓ “**Galletas con relleno:** Aquellas a las que se les añade relleno”.

- ✓ **“Galletas revestidas o recubiertas:** aquellas que exteriormente presentan un revestimiento o baño. Pueden ser simples o rellenas”.
- ✓ **“Galleta fortificada:** Son galletas más versátiles clasificados como de consumo masivo y pueden ser enriquecidas y/o fortificadas con vitaminas, minerales y fibra” (López, 2007).

2.1.14.1 Composición química de galletas dulces

Las galletas dulces se caracterizan por su bajo contenido de humedad y su aspecto crujiente. La composición química se detalla en la tabla 9.

Tabla 9: Composición química de galletas dulces (En 100 g)

Componente	Cantidad (g)
Calorías	434 kcal
Humedad	4,8
Grasa total	12,7
Proteínas	6,0
Fibra dietaria	1,1
Cenizas	1,6
Carbohidratos totales	74,9
Calcio	22 mg
Fósforo	665 mg
Zinc	0,64
Hierro	0,6
Tiamina	0,04 mg
Riboflavina	0,04 mg
Niacina	3,40 mg

Fuente: Reyes *et al.*, (2017)

2.1.15 Características reológicas de la masa de panificación

“Las propiedades reológicas de la masa de pan muestran el comportamiento durante la manipulación mecánica, y también, porque afectan a los procesos que determinan el crecimiento de las cavidades celulares y la estabilidad de la masa durante el proceso de elaboración”. (Stojceska *et al.*, 2008).

“El almidón, proteína y agua, influyen en estas propiedades, ya que parte de la proteína de la harina es capaz de formar la red continua de gluten viscoelástico, siempre que esté hidratado y haya energía mecánica para efectuar la mezcla”. “Las características más importantes de la harina para los procesos de panificación son: la tolerancia en el amasado, la maquinabilidad, la tolerancia en la fermentación y que los parámetros reológicos se mantengan dentro de unas constantes” (Grass et al., 2000).

Para evaluar las propiedades reológicas o calidad panadera de las masas de panificación, se emplean los siguientes instrumentos:

Farinógrafo

Según Serna (2013) el farinógrafo “mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y absorción de agua necesaria para alcanzar la consistencia, genera una curva que visualiza el conjunto de características de la calidad de la harina”.

“La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina se desdoblán en gluten y caen, al perder resistencia por el amasado continuo” (Pantanelli, 2009).

En suma, “el farinógrafo mide la resistencia que opone la masa al amasado y consiste en determinar por medio de prueba y error la cantidad óptima de agua para lograr la consistencia ideal de la masa (500 Unidades Brabender)” (Serna, 2013).

Las características que se evalúan son:

- ✓ “Tiempo de desarrollo (TdFar)”,
- ✓ “Absorción de agua (Abs, %)”,
- ✓ “Estabilidad (Est, min)”
- ✓ “Índice de tolerancia al amasado (ITA)”.

“El TdFar es el tiempo que tarda la masa en adquirir su consistencia óptima. La estabilidad y el ITA son parámetros importantes en la industria de panificación, ya que dan una idea de la calidad de la masa, si la misma es sobreamasada o trabajada en exceso”. “La industria panadera prefiere harinas con alta absorción de agua, tiempo promedio de mezclado y buena estabilidad o ITA” (Serna, 2013).

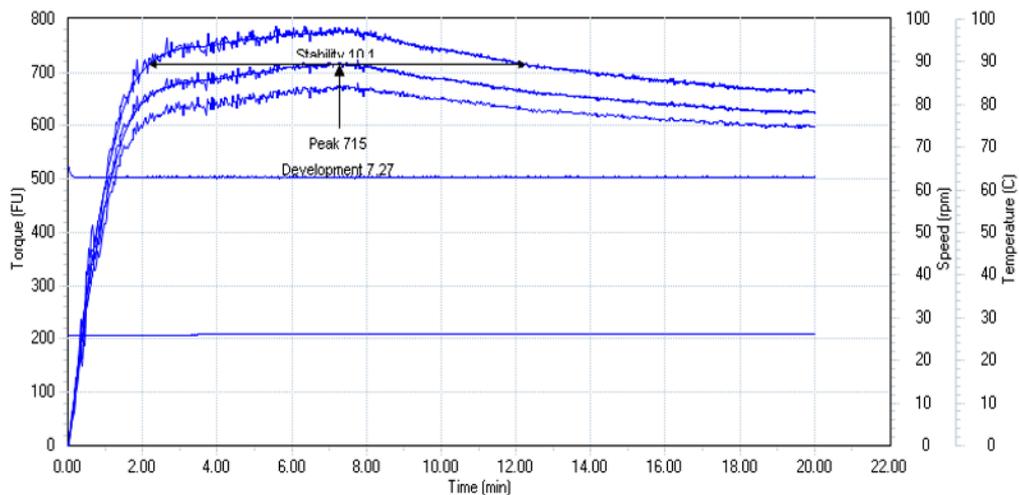


Figura 3: Comportamiento de la curvas del farinógrafo

Fuente: Loza, 2016

Extensógrafo

“El Extensógrafo mide y registra la resistencia a la extensión de la masa mientras se estira a una velocidad constante, después de períodos de descanso también mide su extensibilidad, que es importante para la retención de gas”. “Es usado para trigos blandos y examina la influencia de algunos agentes mejorantes, como el ácido ascórbico sobre la masa; también determina el cambio de tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación” (Oilver y Allen, 1992 citado en Méndez, 2018; Brabender, 2011).

“En la farinografía se determina la forma en que se afectan las características de la masa durante las distintas fases de maduración, la determinación se realiza en el Extensógrafo Brabender”. “La medida de la extensibilidad de una masa es tan importante como la medida de su fuerza”. “Después de obtener una masa de consistencia estándar con harina, sal y agua según la absorción se somete a tres periodos de reposo con sus respectivos estiramientos, lo cual nos da tres extensógrafos de 30, 60 y 90 minutos, siendo el último usado para la evaluación”. (Brabender, 2011).

Para interpretar los resultados extensográficos obtenidos se analizan los siguientes parámetros (Montenegro y Ormenese, 2008; Surco y Alvarado, 2010):

- “Área del extensograma, fuerza de la masa, área bajo la curva del extensograma”.

- “**Resistencia R**, altura del extensograma (UE) correspondientes al punto de base situado a 5 cm de distancia del comienzo de la curva”.
- “**Resistencia R1** (UE), altura máxima de la curva”.
- “**Extensibilidad E**, corresponde a la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma (mm)”.
- “**Extensibilidad E1**, longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1”.
- “**La resistencia R/E**, indica la relación entre la resistencia a la extensión y la extensibilidad y expresa el equilibrio entre la fuerza del peso (resistencia a la extensión) y su extensibilidad antes de romper. Si la relación R/E es grande la masa será poco extensible”.

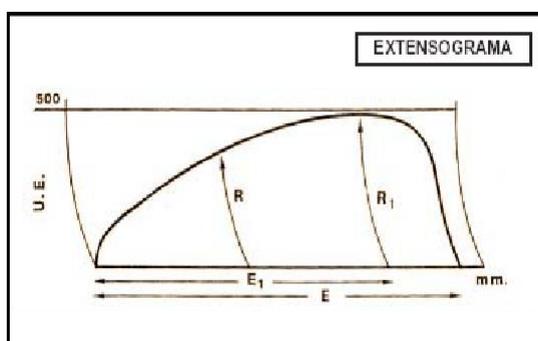


Figura 4: Parámetros en curvas de un extensograma
Fuente: Surco y Alvarado, 2010

Amilógrafo

“El amilógrafo es un instrumento que registra las variaciones de la viscosidad de la suspensión agua-harina a medida que aumenta la temperatura, brinda información de la calidad del almidón y el contenido de enzimas de una harina”, además, “mide las características del horneado y el comportamiento de las harinas, permite saber con anterioridad la estructura de la miga, la eventual necesidad de añadir mejoradores, así como la vida útil del producto final”. (Feldman et al., 2001 citado en Cruz, 2020).

“El valor del amilógrafo permite evaluar el efecto de la α -amilasa en el proceso de elaboración de los productos de panificación. Brinda información referente a la calidad del almidón y contenido de enzimas”. “La valoración de la propiedad gelatinizadora de la harina permite saber con anterioridad a la estructura de la

miga, la necesidad de añadir harinas especiales, aditivos diastásicos, etc”. “Valores correctos para panificación se sitúan entre 400-500 AU. Las harinas procedentes de trigos germinados darán valores inferiores a 400 AU y no son aptas para panificación”. (Charro, 2009).

“El sistema de medida mecánico fue sustituido por un sistema electrónico. El resultado es el amilógrafo-E, equipo de medida computarizado y que cumple con los estándares internacionales” (Brabender, 2011).

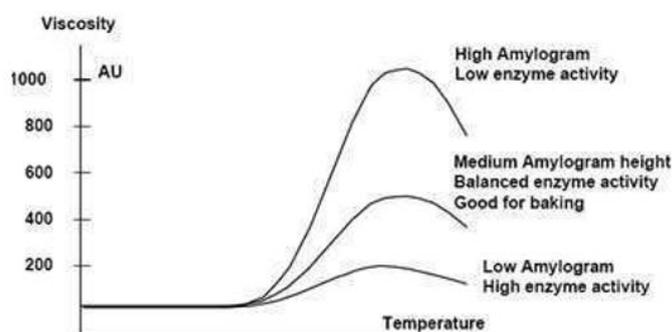


Figura 5: Amilogramas de la harina de trigo
Fuente: Pomeranz, 1988

2.1.16 Análisis de perfil de textura (TPA)

La textura se refiere al “conjunto de una serie de características mecánicas, geométricas y de composición que pueden ser primarias o secundarias, vinculadas al modo de reaccionar un alimento a un tipo de fuerza y que ofrecen valores dentro de rangos muy amplios”. (Bello, 2000).

“La textura muestra características al alimento que identifiquen con facilidad y que se podrían rechazar si no se adapta al patrón estándar tomado como referencia para cada tipo de producto”; por ello, “es de importancia buscar formulaciones adecuadas para obtener productos con unas características texturales lo más próximas posibles e inalterables con el paso del tiempo”. (Fernández, 2013).

El análisis de perfil de textura (TPA) es la caracterización de la textura del alimento, es una prueba que simula la acción de una mandíbula al morder un alimento, esta simulación se da al comprimir la muestra en dos ocasiones. La muestra se comprime hasta cierta deformación durante el primer ciclo, se libera la presión y seguidamente se comprime la muestra por segunda vez. (Sánchez, Borroso y Careche, 2011).

“La importancia de la textura en la calidad total varía ampliamente en función del tipo de alimento, entre otros factores; así, por ejemplo, aquellos casos donde la textura puede ser un factor crítico en la calidad de alimentos tales como los productos crujientes”. “Se puede entender que de esta propiedad sensorial depende el gusto del consumidor, por esto es indispensable conocer a través de mediciones hechas por los equipos y pruebas, la textura de manera cuantitativa”. (De Hombre, 2007 citado en Acevedo, Gonzáles y Torres, 2014).

“El instrumento más utilizado para determinar los parámetros requeridos de textura es el Texturómetro, que recopila la mayoría de las pruebas en un solo aparato y porque desarrolla una técnica de simulación, es decir, simula la mordedura de un alimento” (De Hombre, 2007 citado en Acevedo, Gonzáles y Torres, 2014).

“El esquema de fuerza-deformación (Figura 6) determina los parámetros de dureza, fracturabilidad, cohesividad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad y gomosidad (dureza*cohesividad)” (Hleap y Velasco, 2010).

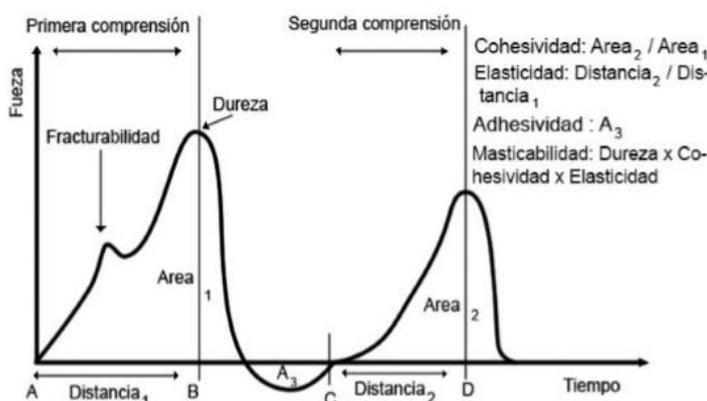


Figura 6: Esquema de fuerza-deformación del análisis de perfil de textura (TPA)

Fuente: Hleap y Velasco, 2010

2.1.17 Análisis sensorial

“El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Anzaldúa-Morales, 1994).

Tabla 10: Parámetros del análisis de perfil de textura

Parámetro	Definición	Determinación	Unidades
Fracturabilidad	Fuerza necesaria para fracturar la muestra	Fuerza en la primera ruptura	Newton (N)
Dureza	Fuerza necesaria para lograr una deformación determinada	Máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión	Newton (N)
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre la muestra y una superficie	Área negativa después del primer ciclo de compresión. Representa el trabajo necesario para separar la superficie del equipo y muestra	Joule (J)
Cohesividad	“Fuerza” de los enlaces internos que mantiene la estructura de una muestra. Representa la resistencia de un material a un segunda deformación con relación a como este se comportó en un primer ciclo de deformación. Mide el trabajo realizado en la segunda compresión dividido entre el trabajo durante la primera compresión	Relación entre el área positiva del segundo ciclo de compresión (A_2) y el área positiva del primer ciclo (A_1). Excluyendo la Proción de áreas durante la descompresión de la muestra.	Relación A_2/A_1
Elasticidad	Capacidad que tiene una muestra deformada para recuperar su forma o longitud inicial después de que la fuerza impactado en ella	El cociente L_2/L_1	Adimensional. Una longitud dividida por la otra longitud
Gomosidad	Fuerza necesaria para desintegrar una muestra de alimento semisólido a un estado tal que facilite su ingesta	Producto de la dureza y la cohesividad	Newton (N)
Masticabilidad	Fuerza necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado tal que permita su ingesta	Producto de la dureza, cohesividad y elasticidad	Newton (N)

Fuente: Szczesniak, 1963; Bourne, 1978 citados en Acevedo, Gonzáles y Torres, 2014

“Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para medir las respuestas humanas a los alimentos intentando aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento”, entre otras; “el catador evalúa simplemente

el grado de aceptabilidad del producto y su preferencia” (Ramírez-Navas, 2012); también “el resultado del análisis sensorial se puede correlacionar con los índices fisicoquímicos” (Espinoza, 2007).

Existen tres tipos de pruebas en la evaluación sensorial, afectivas discriminativas y descriptivas; pero solo dos son para panelistas no entrenados o semientrenados (afectivas y discriminativas).

Tabla 11: Tipos de pruebas en el análisis sensorial de alimentos

Tipo de prueba	Pregunta principal	Características del panel sensorial
Afectivas Hedónicas Afectivas de preferencia	¿Gustan o disgustan los productos? ¿Qué productos son los preferidos?	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, son personas no entrenadas
Discriminativas	¿Son diferentes los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba y, eventualmente entrenados.
Descriptivas	¿Qué atributos caracterizan al producto? ¿En qué difieren los productos? ¿Cuánto difieren los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, las personas son entrenadas o altamente entrenadas.

Fuente: Ibáñez y Barcina, 2001

Pruebas afectivas

Estas pruebas se realizan en personas no seleccionadas o capacitadas conocidas como jueces afectivos, los jueces en este caso son consumidores ordinarios o consumidores potenciales, en los que el juez expresa su reacción subjetiva al producto, “los resultados obtenidos siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles”. (Espinoza, 2007).

Estas pruebas se clasifican en tres tipos:

- ✓ **Prueba de preferencia:** estas pruebas “permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia, la más sencilla es la prueba de preferencia pareada; las pruebas de ordenamiento y de categorías también se utilizan frecuentemente para determinar preferencia”. (Espinoza, 2007).
- ✓ **Pruebas de aceptación:** “se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores, para determinar la aceptabilidad se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada”. “La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo)”. (Ibáñez y Barcina, 2001).
- ✓ **Pruebas escalares:** Se utiliza para valorar más de dos muestras a la vez, se utilizan escalas hedónicas que son las herramientas para medir las sensaciones que produce el producto en el juez afectivo, sean agradables o incómodas, y estas dependen de la edad del juez y el número de muestras a evaluar. (Espinoza, 2007).

“Las escalas hedónicas se han desarrollado y se han utilizado con gran variedad de productos y con bastante éxito, son fáciles de entender y de realizar y pueden ser reproducibles con distintos grupos de sujetos”. (Ibáñez y Barcina, 2001). “Se recomienda que contenga un número impar de puntos, de tal modo que el punto medio corresponda a la opción: ni me gusta ni me disgusta”. “Si bien el número máximo de puntos que pueden disponerse en este tipo de escala es nueve (son posibles las escalas de 11 puntos) y el mínimo de tres, son más apropiadas las escalas de cinco o siete puntos”. “Ello se debe a que, en el caso de una escala de nueve o más puntos, los sujetos tienen dificultades para decidir entre dos puntos sucesivos”. En tanto, “las escalas de tres puntos, si bien resultan más sencillas, solo pueden aplicarse en la evaluación de dos muestras como máximo”. “La escala hedónica de nueve puntos es aplicable cuando se evalúan más de dos productos o cuando es posible que dos productos generen la misma sensación (agradable o desagradable)”. (Ibáñez y Barcina, 2001).

Pruebas discriminativas

“Las pruebas discriminativas más comúnmente empleadas son las siguientes: Prueba de comparación apareada simple, prueba triangular, prueba dúo-trío,

prueba de comparaciones apareadas de Scheffé y prueba de ordenamiento” (Espinoza, 2007).

2.2 Marco conceptual

Residuos agroindustriales: “Los residuos o subproductos se generan en cualquier proceso productivo y usualmente no son de utilidad posterior como materia prima para la cadena de producción”. (Ramírez, 2012).

Saval (2012) precisa que “la agroindustria produce residuos en estado sólido o líquido obtenidos a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, que ya no son de utilidad para el proceso que los generó”, en tanto, “sí es aprovechable o transformable para obtener otros productos con valor económico, comercial o social”.

Productos saludables: “Son aquellos alimentos que aportan los principios nutritivos y el aporte energético que las personas requieren para mantenerse saludables”. Estos son: “proteínas, carbohidratos, fibra, grasas, vitaminas, minerales y agua”. “Son productos que previenen enfermedades como la obesidad, la hipertensión, cardiovasculares, diabetes, anemia, osteoporosis y algunos cánceres”. “El alimentarse con productos saludables mejorará la calidad de vida del ser humano”. (FAO, 2015).

Fortificación: Se define como el “proceso tecnológico que adiciona uno o más nutrientes a un alimento o producto alimentario con el propósito de elevar la calidad nutricional de la dieta y por lo tanto el consumo de los nutrientes adicionados”. (Piscoya, 2002).

Pan de molde: “es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos”. “El pan de molde es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda y que para su cocción ha sido introducido en molde”. “Suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al resto de los panes”. (INDECOPI, citado en Távara, 2015).

Galleta fortificada: “Son galletas más versátiles clasificados como de consumo masivo y pueden ser enriquecidas y/o fortificadas con vitaminas, minerales y fibra” (López, 2007).

Ácido ascórbico: “Sustancia oxidante que mejora la masa, refuerza las propiedades mecánicas del gluten, aumenta la capacidad de retención del gas carbónico dando como resultado un pan con mayor volumen y una miga más uniforme”. (Peñasco, 1999; citado en Murga y Sánchez, 2013).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Hipótesis central de la investigación

Al sustituir harina de trigo con 5-7% de harina de cáscara de maracuyá (HCMr), 150-250 ppm de adición de ácido ascórbico (AAs) y el uso de aceite de girasol (8% en pan de molde y 20% en galletas) para reemplazar la manteca en la formulación base, se obtendrá pan de molde y galleta fortificada con características nutricionales, funcionales y saludables adecuadas, presentando para ambos productos un 3-6% de fibra dietaria total (FDT), 100-200 mg AGE/100 g de polifenoles totales, 300-600 μ mol ET/ml de capacidad antioxidante; y tendrán aceptabilidad global.

3.2 Variables e indicadores de la investigación

La tabla 12 presenta la operacionalización de variables, donde se describe el tipo de variable, la definición conceptual y operacional, y los indicadores.

3.3 Métodos de la investigación

3.3.1 Según el método científico

Investigación aplicada correlacional:

Méndez (2001) refiere que la investigación es **aplicada** porque “se basa en responder a problemas concretos que se presentan en la investigación con el fin de encontrar respuestas que puedan aplicarse de manera inmediata en casos específicos”. Es **correlacional**, porque “mide el grado de relación que existe entre dos o más variables, se pretende saber cómo se comporta una variable conociendo el comportamiento de otra”.

En el caso de esta investigación, es aplicada porque el problema generado por los residuos agroindustriales (cáscara de maracuyá) se aprovechará elaborando productos saludables (galleta fortificada y pan de molde) para consumo humano. Es correlacional porque se medirá el grado de relación de variables independientes (HCMr y AAs) y las variables dependientes que participarán en la producción de galletas fortificadas y pan de molde.

Tabla 12: Operacionalización de variables

Variables	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores
Harina de cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims) (HCMr)	Independiente	La cáscara de maracuyá contiene 55,42% de fibra dietética total, además es altamente nutritivo, rico en vitamina C y A y, rico en antioxidantes y minerales.	Elaboración de productos saludables (galletas fortificadas y pan de molde) con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cascara de maracuyá	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de sustitución: 2 a 10% - 11 formulaciones
Ácido ascórbico (AAs)	Independiente	El ácido ascórbico es un agente antioxidante, la acción oxidante favorece la unión entre cadenas de proteínas que durante el amasado forma una red de gluten más fuerte.	Elaboración de productos saludables (pan de molde y galletas fortificadas) con adición de ácido ascórbico	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de adición: 50 a 250 ppm. - 11 formulaciones
<p>Composición fisicoquímica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad, proteínas, grasa, cenizas <p>Composición tecnológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen específico • Perfil de textura <p>Composición funcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fibra dietética total (FDT), Fibra dietética insoluble (FDI), Fibra dietética soluble (FDS) • Contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante • Evaluación sensorial 	Dependientes	Las características fisicoquímicas de los productos terminados determinan la calidad global del producto.	<p>Diversas determinaciones analíticas de acuerdo a norma y procedimientos estandarizados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad, proteínas, grasa, y cenizas: % - Volumen específico (mL/g). - Perfil de textura: Dureza (N), firmeza (N), elasticidad (mm) y masticabilidad (mJ) - Fibra dietética (%) - Contenido total de polifenoles (mg/g) - Capacidad antioxidante (mg/g) - Sabor, color, aroma, textura y apariencia general) e intención de compra. (escala hedónica) 	

3.3.2 Según el método frente al objeto de estudio

Experimental: Alarcón (2013) especifica que la investigación experimental se caracteriza por: “equivalencia estadística de sujetos en diferentes grupos formados al azar, comparación de dos o más grupos, manipulación directa de una variable independiente, medición de cada variable dependiente, uso de estadística inferencial y diseño que permita el máximo control de variables extrañas”.

En este trabajo se utilizó el método experimental para analizar mediante técnicas estandarizadas las características fisicoquímicas del residuo agroindustrial a utilizar y también de los productos saludables obtenidos; luego se analizó los resultados mediante el uso de la estadística inferencial de manera aleatoria.

3.4 Diseño o esquema de la investigación

El diseño empleado en este estudio fue el DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL.

Hernández, Fernández y Baptista (2016) señalan que “el diseño orienta al investigador que hacer para lograr objetivos planteados, responder las preguntas formuladas y analizar la veracidad de las hipótesis, cuyos atributos son: manipulación, donde el investigador interviene; grupo control o testigo y aleatoriedad en la muestra”.

En el diseño factorial se puede manipular de dos a más variables de manera paralela, se pueden probar distintas hipótesis en una experimentación y se puede evaluar no solo los efectos principales, sino también la interacción entre las variables estudiadas.

A continuación, se detalla el diseño empleado en esta investigación:

Uso del Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR) en la evaluación estadística de los datos

“El plan experimental se realizó a través del diseño factorial completo (DCCR) que fue planteado por Box & Wilson como una opción al factorial 3k; que consiste en un núcleo factorial 2, cuyos niveles de los factores se codifican con +1 y -1”, así como “niveles a que pueden variar de acuerdo con el número de factores a evaluar y garantiza, además, una propiedad estadística de rotabilidad”. (Mora, 2000)

En esta investigación se consideró dos variables: Harina de cáscara de maracuyá (HCMr) (%) y ácido ascórbico (AAs) (ppm) (factores X_1 y X_2), el primer factor en un rango desde 2 hasta 8% y el segundo desde 50 hasta 250 ppm.

Box & Wilson, citado en Mora, (2000) precisan que para obtener el nivel de concentración del tratamiento se utiliza la ecuación siguiente:

$$X_r = \frac{(X_c - Vi_c)}{I_c} * I_r + Vi_r \dots\dots\dots (1)$$

Dónde: X_r es el dato real esperado, X_c es el dato codificado, V_{ic} es el dato mínimo codificado, V_{ir} es el dato real mínimo, I_r es el intervalo (valor máximo menos el mínimo) e I_c es el rango para los niveles codificados.

En el caso de la variable HCMr se desea conocer el dato real X_r , cuyo dato codificado (X_c) es 1; obteniéndose lo siguiente:

$V_{ic} = 2\%$, $I_r = 1$, $I_c = 1,4142$, $X_c = 8\%$ y $V_{ir} = 5\%$; reemplazamos en la ecuación (1) y se obtiene $X_r = 7\%$.

En el mismo caso ahora se desea conocer el dato real X_r cuyo dato codificado (X_c) es -1; obteniendo lo siguiente:

$V_{ic} = 2\%$, $I_r = 1$, $I_c = ([1,414 - (-1,414)] = 2,828)$, $X_c = 5\%$ y $V_{ir} = 0\%$; reemplazamos en la ecuación (1) y se obtiene $X_r = 3\%$

En el caso de la variable AAs, los cálculos se realizan de forma similar.

Los tratamientos totales y el nivel de concentración de la variable estará en función de la siguiente ecuación: $2^n + 2n + 3 PC = 4 + 4 + 3 = 11$ y se muestran en las tablas 13 y 14 respectivamente.

Tabla 13: Niveles de variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 .

Variables independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Harina de cáscara de maracuyá (%)	2	3	5	7	8
Ácido ascórbico (ppm)	50	80	150	220	250

Donde $\alpha = \pm 1.4142$

Según el software STATISTICA v.12 y el diseño planteado fueron once tratamientos realizados, cuatro factoriales, cuatro axiales y con tres repeticiones centrales. En la tabla 14 se muestra los datos codificados y reales del diseño experimental planteado.

Tabla 14: Datos codificados y reales del DCCR 2² con cuatro experimentos factoriales, cuatro experimentos axiales y tres repeticiones centrales

Tratamientos	Valores codificados		Valores reales	
	X ₁	X ₂	Harina de cáscara de maracuyá (%)	Ácido ascórbico (ppm)
1	-1	-1	3	80
2	+1	-1	7	80
3	-1	+1	3	220
4	+1	+1	7	220
5	-α	0	2	150
6	+α	0	8	150
7	0	-α	5	50
8	0	+α	5	250
9	0	0	5	150
10	0	0	5	150
11	0	0	5	150

Para evaluar el efecto de las variables independientes (HCMr y AA) se utilizó el software estadístico STATISTICA, versión 12, se determinó los coeficientes de regresión, el diagrama de Pareto, el análisis de varianza (ANOVA) y las gráficas de superficies de respuesta, con un nivel de significancia de 5% ($p < 0.05$).

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

En el procesamiento de maracuyá en la Empresa Delicias y Sabores E.I.R.L. el rendimiento de pulpa es de 31 - 32% y de cáscara 50 - 51%, en un turno de 8 horas se procesan 20 - 25 TM de fruta obteniéndose aproximadamente 12000 kg de cáscara por día.

3.5.2 Muestra

Las muestras de cáscara de maracuyá fueron tomadas después del proceso de obtención de pulpa de maracuyá, estos se requirieron cada vez que se necesitó en el trabajo, para las diferentes etapas de la fase experimental. Las cantidades de muestra a recolectar para la investigación fueron de 50 kg, que representan un 0,42% de la producción diaria.

El ácido ascórbico fue obtenido de distribuidores autorizados, producto para fines comestibles.

3.6 Actividades del proceso investigativo

A continuación, se detalla las actividades del proceso de la investigación:

3.6.1 Obtención de harina de cáscara de maracuyá

Para la obtención de harina a partir de cáscara de maracuyá se siguió el procedimiento, detallado en el flujograma de la figura 7.

La cáscara de maracuyá recolectada en el laboratorio se lavó con abundante agua corriente y se desinfectó con hipoclorito de sodio (5 ml/10 lt de agua), después se cortó manualmente en trozos homogéneos de 3 x 3 cm, se escaldó a ebullición por 4 minutos para inactivar enzimas responsables del pardeamiento enzimático. Luego se deshidrató en el secador de bandejas a 70°C, con velocidad de aire caliente de 15 m/s durante 8 horas, luego se efectuó la molienda en un molino convencional y finalmente se tamizó con un juego de tamices N° 16, 20, 30 y 40 (380 μ) para obtener una harina homogénea.

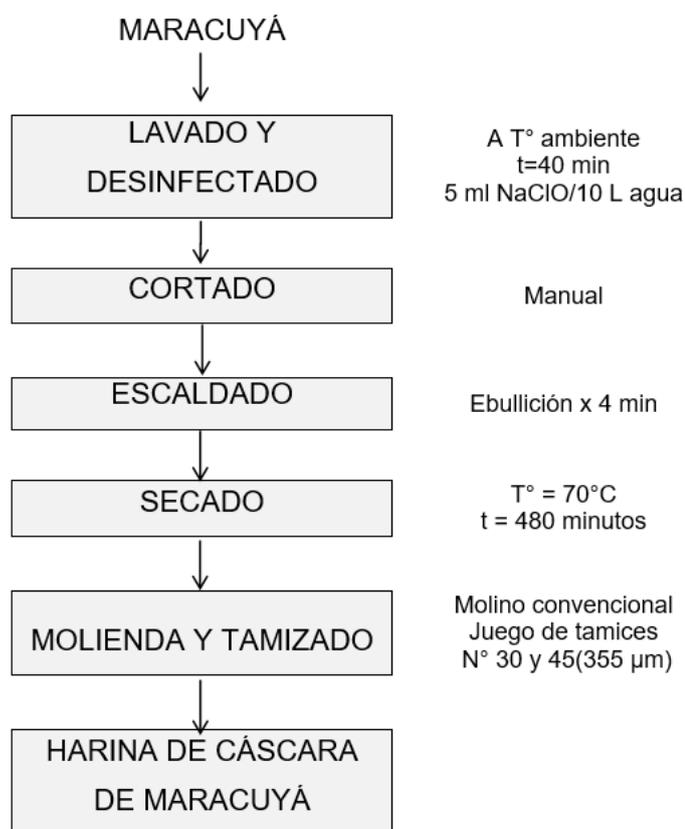


Figura 7: Flujograma para obtener harina de cáscara de maracuyá

3.6.2 Proceso de elaboración de pan de molde y galletas fortificadas con harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico

Proceso para elaboración de pan de molde

El pan de molde y la galleta fortificada se elaboraron según la formulación base utilizada por la Planta Piloto Agroindustrial UNS (2011), donde se modificó la manteca vegetal reemplazando por aceite de girasol. La formulación base del pan tipo molde se muestra en la tabla 15 (la manteca fue reemplazada con aceite de girasol en 8%, se determinó este porcentaje en base a estudios preliminares), el proceso inicia con una mezcla de insumos secos, luego se agrega el agua en que están ya disueltas el azúcar y sal, una vez formada la masa recién se agrega la manteca y emulsificante, continuando el amasado hasta obtener el punto liga (etapa en la que el gluten ha logrado su máximo desarrollo). Obtenido el punto liga, culmina el proceso de amasado para iniciar el de dosificación o corte en masas de 650 g (necesarios para un molde de 10 cm * 10 cm * 30 cm); realizado el corte, las masas se bolean y dejan reposar por 10 a 15 minutos para luego pasar a laminar y envolver, dándole la forma de un tubo del largo del molde (esta es la etapa de formado); colocadas las masas en los moldes, estos se dejan a medio tapar (esto es con la finalidad de que la humedad de la cámara ingrese al molde) y se hacen ingresar a la cámara de fermentación que está previamente acondicionada a una temperatura de 30 °C y 70% de humedad relativa durante 90 min. aprox. (tiempo durante el cual debe alcanzar el 75% del volumen del molde), luego el molde se cubre totalmente con la tapa y se procede a la etapa de horneado (con el horno pre calentado), el cual se realiza a una temperatura de 140 °C por 45 minutos. Los panes ya horneados se dejan enfriar en un ambiente fresco y limpio por un tiempo aproximado de 3 horas, periodo durante el cual el centro del pan debe haber alcanzado la temperatura ambiente. Finalmente, los panes ya fríos pasan a la rebanadora, luego de lo cual son envasados en bolsas de polipropileno. El producto debe ser almacenado en ambientes frescos y secos.

Tabla 15: Formulación base de la producción de pan de molde.

Ingrediente	Porcentaje
Harina de trigo*	100
Mejorador enzimático	1
Antimoho	0.3
Sal yodada	2
Azúcar	8
Agua	50
Levadura seca	2
Manteca	10
Emulsionante	1

*El porcentaje de Harina de trigo se obtuvo por diferencia (100% - % de sustitución. Ver tabla 14)

Fuente: Manual de panificación (Planta piloto UNS, 2011)

Proceso para la producción de galleta fortificada

La formulación de la galleta fortificada se muestra en la tabla 16 (la manteca vegetal fue reemplazada por aceite de girasol en 20%, se determinó este porcentaje en base a estudios preliminares), el amasado inicia con el cremado, donde ingresan la grasa, azúcar, glucosa, bicarbonato de amonio, esencia, agua, estos ingredientes son batidos a velocidad alta hasta lograr la disolución del azúcar, obteniéndose una emulsión; por separado y en paralelo se ha procedido a realizar la mezcla uniforme de las harinas y polvo de hornear, los que se incorporarán al cremado, esta última etapa del amasado se realiza manualmente o en máquina a velocidad baja (el objetivo es formar la masa sin desarrollar red de gluten).

Formada la masa, se procede a laminarla y realizar el troquelado de la misma para luego pasar a las latas donde ingresarán a la etapa de horneado a 150°C por 15 min aproximadamente, continúa luego la etapa de enfriamiento por un tiempo aproximado de 30 min hasta alcanzar temperatura ambiente, luego de lo cual fueron empacadas en bolsas de polipropileno de densidad media y almacenadas en ambientes fresco y seco.

Tabla 16: Formulación base para elaborar de galletas fortificadas.

Ingredientes	Cantidad (%)
Harina de trigo	100
Manteca vegetal	25,65
Vainilla cremosa	0,25
Azúcar	29
Glucosa	6,7
Agua	21,68
Bicarbonato de amonio	0,66
Bicarbonato de sodio	0,34
Sal de mesa	0,59
Leche en polvo	1,68
Canela en polvo	0,25

**El %de Harina de trigo se calculó por diferencia (100% - % de sustitución). Ver tabla 14*

En las figuras siguientes se presentan los flujogramas obtener pan de molde y galletas fortificadas, con los controles en el proceso y que se viene usando por el Laboratorio de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial de la UNS.

De los flujogramas se realizaron los distintos tratamientos para obtener y evaluar el pan de molde y la galleta fortificada con HCMr y AAs.

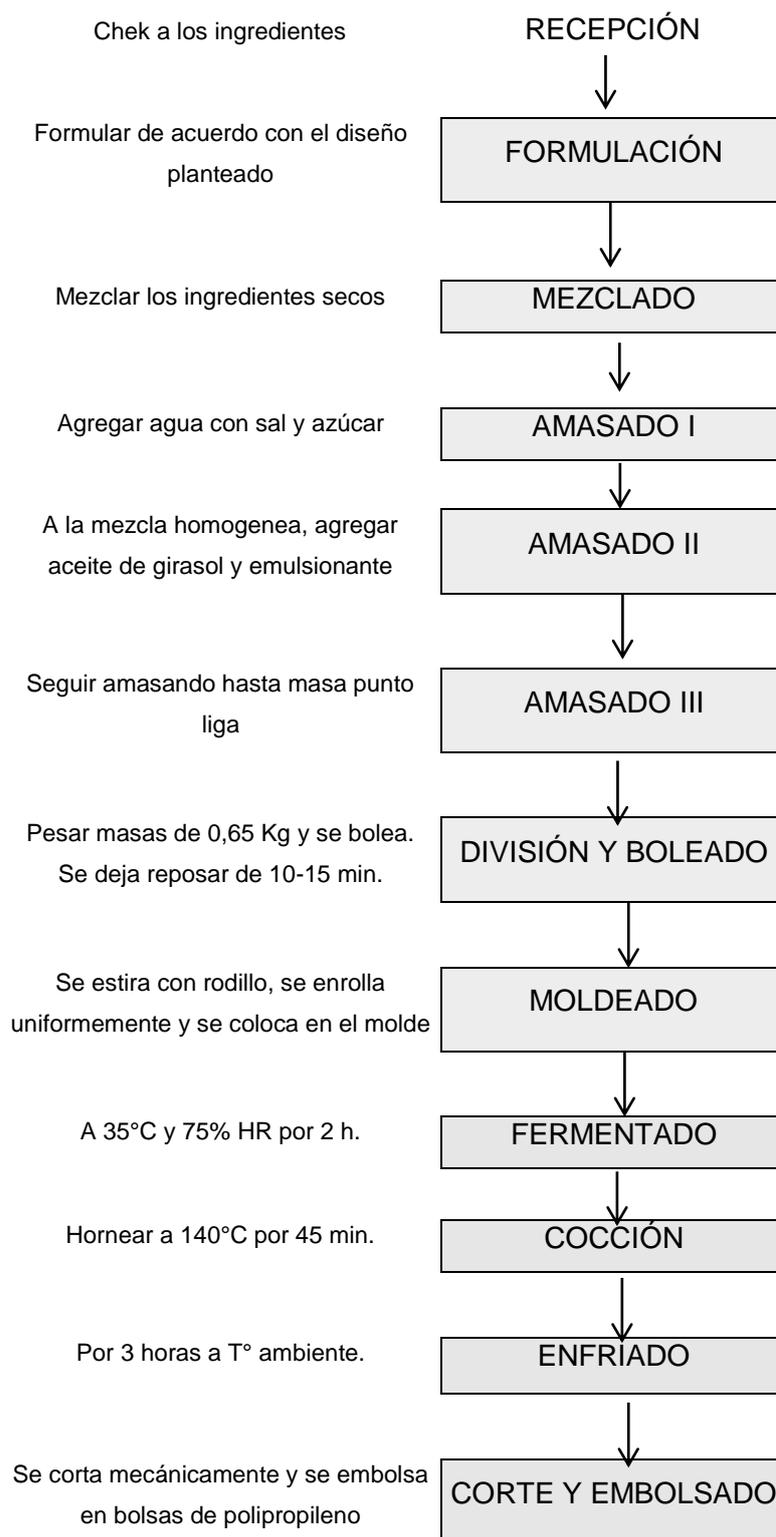


Figura 8: Flujograma para obtener pan de molde en la investigación

Fuente: Arroyave y Esguerra (2006)

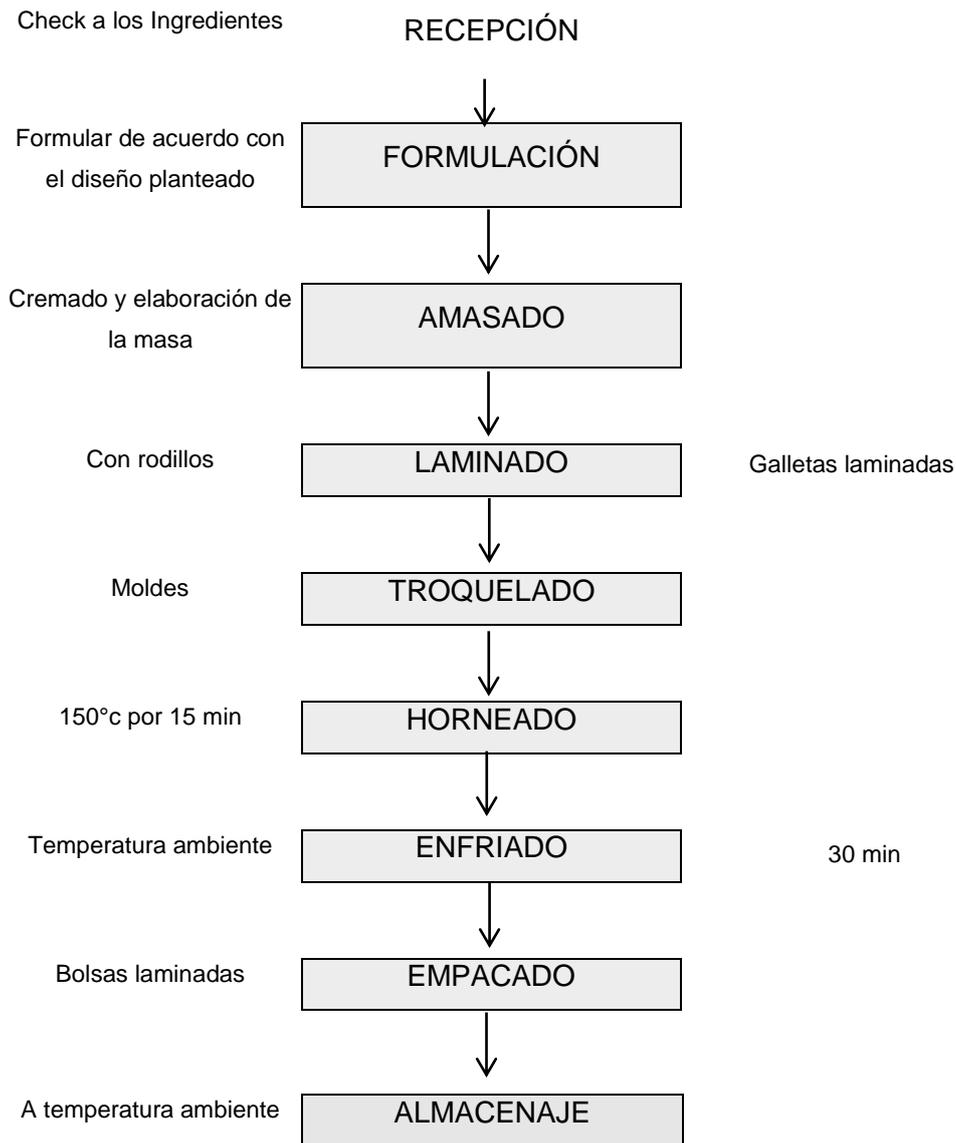


Figura 9: Flujo para obtener galletas fortificadas en la investigación

3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación

3.7.1 Análisis diversos realizadas a la harina de cascara de maracuyá.

A. Caracterización fisicoquímica de la harina de cascara de maracuyá

Humedad: Por diferencia de pesos, se determinó por triplicado. (AOAC, 2006)

Proteínas: Método Kjeldahl, método 928.08. (AOAC, 2006).

Grasa: Se utilizó el equipo para extraer grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando el solvente éter de petróleo, método 963.15. (AOAC, 2006).

Cenizas: Por incineración directa, método 923.03. (AOAC, 2006).

Carbohidratos: Se calculó por diferencia, con la fórmula siguiente:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{cenizas} + \% \text{proteínas} + \% \text{grasa}).$$

Valor energético: Este valor se calculó con el uso de la siguiente fórmula:

Valor energético (Kcal) = (%proteína * 4) + (%extracto etéreo * 9) + (%CHOs * 4).

Análisis granulométrico

Para determinar el tamaño de partícula de la HCMr se usó el equipo RETSCH". "Los tamices pesados previamente, se pasarán 50 g de harina durante 15 minutos en cinco tamices redondos con mallas 28, 42, 60, 80, 115, 170 y 200 tipo Tyler y lo retenido en cada tamiz se pesaron y se expresó en porcentaje". Método citado en Moreno (2017).

Fibra dietaria total (FDT), insoluble (FDI) y soluble (FDS)

"El procedimiento aplicado para la determinación de FDT, FDI y FDS de la HCMr estuvo basado en el método AOAC 991.43" "Fibra Dietética Total, Soluble e Insoluble en Alimentos" y el método AACC 3207 "Determinación de Fibra Dietética Soluble, Insoluble y Total en Alimentos y Productos Alimenticios". "Es una modificación simplificada del método AACC 32-05 Fibra Dietética Total, y del método AACC 32-21 Fibra Dietética Soluble e Insoluble para productos de avena". (Manual Megazyme, 2011).

Contenido total de polifenoles

Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965) citado en Jurado *et al.*, (2016).

Capacidad antioxidante (DPPH): "La actividad antioxidante de los extractos se evaluó mediante la capacidad captadora del radical DPPH" metodología recomendada por Rojano *et al.*, (2008) citado en Palomino *et al.*, (2009).

B. Análisis de las características funcionales de la harina de cáscara de maracuyá

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se pesó 1 g de HCMr en base seca en un tubo para centrífuga previamente pesado y dispersando en 10 mL de agua destilada con agitación constante durante 1 min, las muestras se dejaron reposar por 30 min y se centrifugaron a 3000 RPM por 30 min, el agua liberada en la centrifugación se recuperó en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de agua se expresó en mL de agua retenida por g de muestra. Método recomendado por Polanco (2017).

$$CRA = \frac{\text{mL de agua retenida}}{\text{g de muestra}}$$

Capacidad de adsorción de aceite (CAA)

Se pesó 1 g de HCMr en un tubo de ensayo, se adicionó un volumen de aceite de girasol de 5 mL y se agitó por 30 minutos; luego, se dejó en reposo por 24 h a temperatura ambiente y se centrifugó por 10 min a 3000 RPM, el sobrenadante se retiró y se pesó el sedimento (g). Método citado en Miguel (2008).

$$CAA = \frac{g \text{ de aceite retenido}}{g \text{ de muestra}}$$

C. Análisis de la harina de trigo y de la masa producida por mezcla de harinas de trigo y de cascara de maracuyá.

Caracterización de la harina de trigo.

La harina de trigo utilizada se caracterizó como sigue:

✓ **Composición porcentual.**

“El análisis de humedad, proteína y cenizas de la harina de trigo se realizaron por el método N° 44-15^a, AACC (1995), N° 920.87, AOAC (2005) y 923.03, AOAC (2005)”. “El extracto etéreo se determinó mediante el método 920.39C, AOAC (2005)”. Los carbohidratos fueron determinados por diferencia (100% - los otros componentes). Los análisis se realizaron por triplicado.

✓ **Farinografía**

“La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla de harinas de trigo se determinaron por el Farinógrafo Brabender” (AACC, 1995). “Los parámetros por evaluar a partir de farinograma fueron: absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, retardo de salida, la estabilidad y el índice de tolerancia al mezclado”.

➤ **Extensografía**

“Las propiedades de la harina de trigo se determinaron según el método de la AACC (1995), utilizando el Extensógrafo Brabender”. “Los parámetros evaluados fueron: resistencia a la extensión o elasticidad, resistencia a la rotura, la extensibilidad y el número proporcional. También se determinó la extensibilidad de la masa”.

➤ **Fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS)**

“El procedimiento aplicado para la determinación de FDT, FDI y FDS estuvo basado en el método AOAC 991.43 Fibra dietética total, soluble e insoluble en alimentos” y el “método AACC 3207 Determinación de fibra dietética soluble, insoluble y total en alimentos y productos alimenticios”. “Es una modificación simplificada del método AACC 32-05 Fibra dietética total”, y del “método AACC 32-21 Fibra dietética soluble e insoluble para productos de avena” (Manual Megazyme, 2011).

D. Análisis fisicoquímico del pan de molde y la galleta fortificada con harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico.

Volumen específico

“El volumen específico del pan de molde o galleta fortificada se determinó por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El resultado se calculó dividiendo el volumen del pan de molde (ml) sobre su masa (g)” (El Dash, Camargo y Díaz, citado por Moreno, 2017).

Análisis del perfil de textura

“Se realizó con el equipo TexturePro CT V1.4 Build 17, de Brookfield Engineering Labs, Inc”. “El tipo de prueba fue el Análisis del Perfil de Textura (APT); la sonda que se utilizó fue la TA4/1000; el objetivo de la penetración fue de 10.0 mm y la velocidad de la prueba de 0.5 mm/s”. (Método citado en Moreno, 2017).

Fibra dietaria total (FDT), insoluble (FDI) y soluble (FDS) en galletas fortificadas y pan de molde

Todos los tratamientos, así como el control y la HCMr, fueron sometidos para evaluar la FDT, FDI y FDS, con el fin de conocer si el pan tipo molde y la galleta fortificada se encuentran dentro del contexto de alimento ricos en fibra (>3%) o muy ricos en fibra (>6%). “Para ello se utilizó el equipo FOSS Fibertec 1023 del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa”. (Método citado en Moreno, 2017).

Contenido total de Polifenoles

Se empleó el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965) citado en Jurado *et al.*, (2016).

Capacidad antioxidante (DPPH)

“La actividad antioxidante de los extractos se evaluó mediante la capacidad captadora del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)” utilizando la metodología recomendada por Rojano *et al.*, (2008) citado en Palomino *et al.*, (2009).

Análisis sensorial e intención de compra

Se realizó el análisis sensorial del pan tipo molde y de las galletas fortificadas con distintas concentraciones de HCMr, AAs y el control; se realizó con 80 jueces no entrenados (hombres y mujeres) y edades distintas, que determinaron la apreciación global del pan tipo molde y de la galleta fortificada, metodología sugerida por (Anzaldúa-Morales, 1994).

Las respuestas obtenidas después de aplicar la prueba de apreciación global de los tratamientos, con escala hedónica de nueve niveles fueron evaluadas con el Software STATISTICA, versión 12, para comprobar si hay significancia estadística, con una significancia de 5% ($p < 0.05$).

Las características que se evaluaron fueron: color, sabor, aroma, textura, apariencia general e intención de compra.

Las muestras se codificaron. Los formatos de análisis organoléptico se realizaron con una escala hedónica de 9 puntos (1=me disgusta muchísimo a 9=me gusta muchísimo). También se preguntó a los jueces sobre la intención de compra, en caso de que el producto se venda, con una escala de 5 puntos.

Los formatos de evaluación sensorial se muestran en el anexo 1.

3.7.2 Instrumentos

Los equipos e instrumentos utilizados en esta investigación fueron los siguientes:

- Amilógrafo, marca BRANBENDER, Modelo 800250, procedencia Alemania.
- Extensógrafo, marca BRANBENDER, modelo 860723, procedencia Alemania.
- Farinógrafo, marca BRABENDER, modelo SQ810161, procedencia Alemania.
- Amasadora o sobadora, marca NOVA, modelo K23, capacidad, 40Kg.
- Cámara fermentativa, marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Horno rotatorio por convección, marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Rebanadora o cortadora de pan, marca NOVA, modelo Estándar.
- Texturómetro, marca Brookfield, modelo CT3-4500, USA.

- Equipo para proteína Kjeldahl, marca VELP SCIENTIFICA.
- Equipo extractor de grasa Soxhlet, marca FOSS, modelo SOXTEC.
- Equipo determinador de fibra, marca FOSS, modelo FIBERTEC
- Estufa, marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990.
- Mufla, marca Thermolyne, Serie 34703484.
- Vibrador de tamices, Marca RETSCH, Modelo AS 200.
- Balanza analítica marca Precisa, modelo LX220A, procedencia suiza.
- Secador de bandejas, marca Torr, modelo SBT-10XL.

3.8 Procedimiento para la recolección de datos

3.8.1 Obtención y caracterización de la harina de cáscara de maracuyá

La cáscara de maracuyá procedente de la Planta Delicias y Sabores E.I.R.L. fue recepcionada en el Instituto de Investigación Agroindustrial (IITA), luego se pesaron para determinar rendimiento, lavados con agua corriente, desinfectados, cortado en trozos, escaldado, deshidratados en secador convencional, molido, tamizados, y por último envasados en polietileno de alta densidad.

En el anexo 2 se presenta el panel fotográfico para la obtención de harina a partir de cáscara de maracuyá.

3.8.2 Análisis fisicoquímico, granulométrico y perfil reológico de las harinas de trigo y de cáscara de maracuyá.

A las harinas de trigo y HCMr se realizaron análisis fisicoquímicos y granulométricos.



Figura 10: Análisis fisicoquímico de las harinas de trigo y de cáscara de maracuyá

Se realizó el perfil reológico de las harinas de trigo.



Figura 11: Perfil reológico de las harinas de trigo

3.8.3 Obtención de los panes de molde

Se produjeron los panes de molde sustituidas con HCMr y con la adición de AAs, de acuerdo a al diseño estadístico planteado, que consistieron en 11 formulaciones y el control. En el anexo 3 se muestra el panel fotográfico de la producción del pan de molde.

3.8.4 Obtención de las galletas fortificadas

Se elaboraron las galletas fortificadas con HCMr y AAs, de acuerdo a al diseño estadístico planteado, que consistió en 11 formulaciones y el control. En el anexo 4 se muestra el panel fotográfico de la elaboración de galletas fortificadas.

3.8.5 Análisis del volumen específico de pan de molde y galletas fortificadas

Se realizó el análisis de volumen específico de los panes de molde y galletas fortificadas obtenidos para las 11 formulaciones y el control.



Figura 12: Evaluación del volumen específico de los panes de molde y galletas fortificadas

3.8.6 Análisis fisicoquímico del pan de molde y galletas fortificadas

Se deshidrataron los panes de molde y galletas fortificadas obtenidas de cada tratamiento en el secador convencional de bandejas del IITA, se molieron y tamizaron a fin de obtener muestras de harina. Las muestras de harina, tanto de pan de molde y de galletas fortificadas sirvieron para determinar humedad (%), proteínas (%), grasa bruta (%), cenizas (%), fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria soluble (FDS) y fibra dietaria insoluble (FDI), polifenoles totales y actividad antioxidante (DPPH).



Figura 13: Deshidratado de pan de molde y galletas fortificadas en el secador de bandejas del IITA

3.8.7 Análisis del perfil de textura de pan de molde y galletas fortificadas

El perfil de textura se realizó con el equipo TEXTUREPro CT V1.4 Build17. Se utilizó la sonda TA4/1000, la penetración fue de 10 mm y la velocidad de prueba de 0,5 mm/s.

3.8.8 Análisis de la fibra dietaria total (FDT), insoluble (FDI) y soluble (FDS) de pan de molde y galletas fortificadas

A la HCMr, los tratamientos y el control de pan de molde y galletas fortificadas se les realizaron los análisis de FDT, FDS y FDI, a fin de conocer si estos productos califican como productos ricos en fibra (>3%) o muy rico en fibra (>6%). Para este análisis se usó el determinador de fibra FOSS Fibertec 1023 del IITA de la UNS. En el anexo 5 se muestra el panel fotográfico del análisis de fibra dietaria.

3.8.9 Análisis de los polifenoles totales y actividad antioxidante de pan de molde y galletas fortificadas

Se determinó la cantidad de polifenoles totales y actividad antioxidante del pan de molde y de las galletas fortificadas de los 11 tratamientos y el control.



Figura 14: Evaluación del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante en pan de molde y galletas fortificadas

3.8.10 Análisis organoléptico del pan de molde y galletas fortificadas

El análisis organoléptico se llevó a cabo con 80 jueces no capacitados de ambos sexos y grupos de edad diferentes, las muestras se codificaron tanto para pan de molde como para galletas fortificadas. Las propiedades evaluadas fueron: color, apariencia general, textura, aroma y sabor, y también se evaluó la intención de compra.



Figura 15: Análisis organoléptico de pan de molde y galletas fortificadas

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y evaluación de los datos del diseño estadístico de pan de molde y galletas fortificadas se realizaron con el software STATISTICA v 12.0, con estos valores calculados se evaluaron los efectos de las variables independientes (HCMr y AAs) sobre las variables dependientes: características fisicoquímicas (%humedad, %proteína, %grasa, %cenizas); tecnológicas (Volumen específico, perfil de textura); funcionales (Fibra dietética total (FDT), Fibra dietética soluble (FDS), fibra dietética insoluble (FDI), polifenoles totales, capacidad antioxidante) y organolépticos (color, apariencia general, aroma, textura, sabor e intención de compra).

Se calculó los coeficientes de regresión, diagrama de Pareto, análisis de varianza (ANOVA) y se graficó las superficies de respuesta con un grado significativo de 5% ($p < 0,05$).

Por medio de la gráfica de las superficies de respuestas para cada variable dependiente se determinó una región óptima donde se obtenga un pan tipo molde o una galleta fortificada con las mejores características fisicoquímicas, tecnológicas, funcionales y organolépticas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis fisicoquímico de la harina de trigo

4.1.1 Composición proximal

En la tabla 17 se presenta los resultados de los valores proximales de la harina de trigo especial (para pan de molde) y pastelera (para galletas fortificadas).

Tabla 17: Composición proximal de la harina de trigo

Componentes	Valores (%)	
	HTe	HTp
Humedad	12,61 ± 0,089	13,04 ± 0,051
Proteína	11,86 ± 0,064	10,46 ± 0,066
Grasa	0,91 ± 0,025	0,75 ± 0,041
Cenizas	0,69 ± 0,026	0,86 ± 0,021
Carbohidratos	73,91 ± 0,065	74,85 ± 0,060
Fibra bruta	1,62 ± 0,023	1,56 ± 0,030

HTe: Harina de trigo especial (Para pan de molde)

HTp: Harina de trigo pastelera (Para galletas fortificadas)

Media de 3 repeticiones ± DS

Al observar la tabla 17, los valores de humedad de la harina de trigo especial (HTe) y harina de trigo pastelera (HTp) se encuentran por debajo del límite exigible por la NTP 205.027:1986. (15%). Los contenidos de proteína para HTe (11,85%) y HTp (9,67) se encuentran dentro del rango reportado por Magdalena (2013) y es superior a lo exigido por el CODEX Alimentarius 152-1985/2019 (7,0%). Los contenidos de grasa son ligeramente superior a (0,58%), valor reportado por Arteaga y Silva (2015). Los valores de cenizas para HTe (0,69%) y HTp (0,86%) cumplen con lo exigido por la NTP 205.027:1986 (0,64 – 1,0%). El contenido de carbohidratos se encuentra dentro del rango (68 – 75%) reportado por De la Cruz (2009). La fibra obtenida, tanto para HTe y HTp, están por debajo de 2,7%, valor obtenido por Reyes (2017).

4.1.2 Análisis reológico

4.1.2.1 Análisis amilográfico

El análisis amilográfico sirve para determinar el grado de viscosidad, de gelatinización, la actividad de la α -amilasa y la retrogradación del almidón de las harinas de trigo utilizadas en esta investigación.

La tabla 18 muestra los parámetros amilográficos de las harinas de trigo empleadas en la elaboración de productos saludables.

Tabla 18: Parámetros amilográficos de las harinas de trigo empleadas

Parámetros	HTe	HTp
Humedad (%)	14,0	14,01
Peso de la muestra	80 g/ 450 mL	80 g/ 450 mL
Inicial gelatinización (°C)	63,4	65,1
Final gelatinización (°C)	90,3	87,5
Máxima gelatinización (AU)	1349	1356

HTe: Harina de trigo especial (Para pan de molde)

HTp: Harina de trigo pastelera (Para galletas fortificadas)

Media de 3 repeticiones \pm DS

En las figuras 16 y 17 se presentan el amilograma de la harina de trigo especial (HTe) y harina de trigo pastelera (HTp) respectivamente.

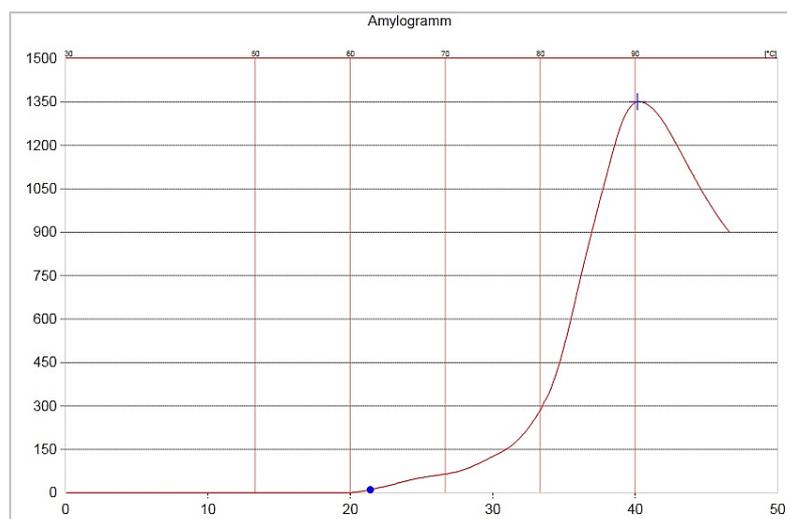


Figura 16: Gráfico de perfil amilográfico de la harina de trigo especial

Fuente: AMILOGRAFO-E de Brabender®.

Laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales - UNS.

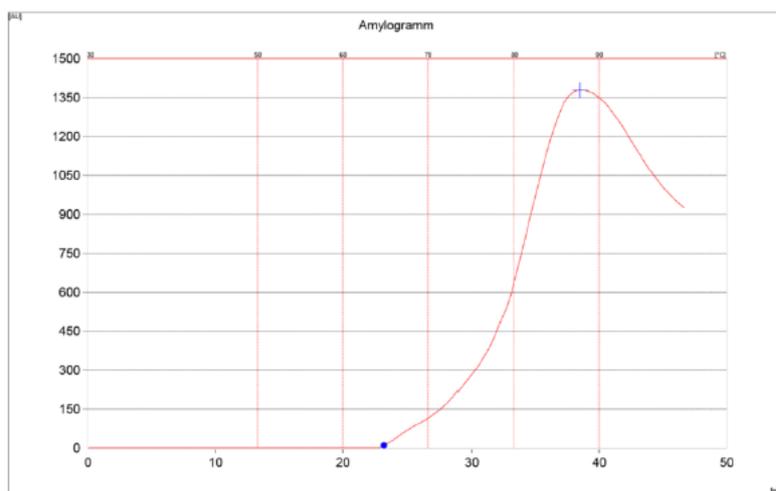


Figura 17: Gráfico de perfil amilográfico de la harina de trigo pastelera

Fuente: AMILOGRAFO-E de Brabender®.

Laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales - UNS.

Observando las figuras 16 y 17, los amilogramas están en función de la viscosidad y el tiempo. Para la HTe la temperatura inicial de gelatinización asciende a 63,4°C llegando al valor máximo de gelatinización de 1355 AU a 90,3°C y para la HTp la temperatura inicial de gelatinización asciende a 65,1°C llegando al valor máximo de gelatinización de 989 AU a 87,5°C.

La altura máxima de la curva amilográfica expresa el grado de gelatinización, lo que significa que una curva con un índice de gelatinización bajo no asocia completamente el almidón con el agua y parte del mismo queda libre, lo que da lugar a la corteza del pan o galleta húmeda y gomosa. Una curva con alto índice de gelatinización representa una buena capacidad del almidón para retener agua, no quedan moléculas libres, el resultado es pan o galleta con corteza seca al paladar. La HTp evaluada muestra un valor relativamente alto de índice de gelatinización demostrando sus cualidades para elaborar galletas fortificadas.

Ramírez (2011), refiere que “la temperatura de formación de pasta depende de la concentración de almidones, mientras que la temperatura de inicio está relacionada a la naturaleza de las interacciones entre los componentes del almidón”.

Badui (2006), precisa que “los almidones que dan picos altos, tienen la característica de tener un alto poder de hinchamiento. Estos almidones que son capaces de tener un alto grado de hinchamiento son también menos resistentes a

la desintegración durante la cocción y por lo tanto presentan una significativa disminución de la viscosidad después de alcanzar el máximo valor”.

4.1.2.2 Análisis farinográfico

En la tabla 19 se muestra los parámetros farinográficos de las harinas utilizadas en esta investigación.

Tabla 19: Parámetros farinográficos de las harinas de trigo utilizadas

Parámetro	HTe	HTp
Humedad (%)	14,02	14,00
Consistencia (FU)	702	676
Absorción (%)	64,3	57,1
Tiempo óptimo de desarrollo (min)	4,4	2,3
Estabilidad (min)	9,5	8,6
Índice de tolerancia (FU)	52,4	35,7

HTe: Harina de trigo especial (Para pan de molde)

HTp: Harina de trigo pastelera (Para galletas fortificadas)

Media de 3 repeticiones ± DS

En la figuras 18 y 19 se presentan el perfil farinográfico de la harina de trigo especial (HTe) y harina de trigo pastelera (HTp) respectivamente.

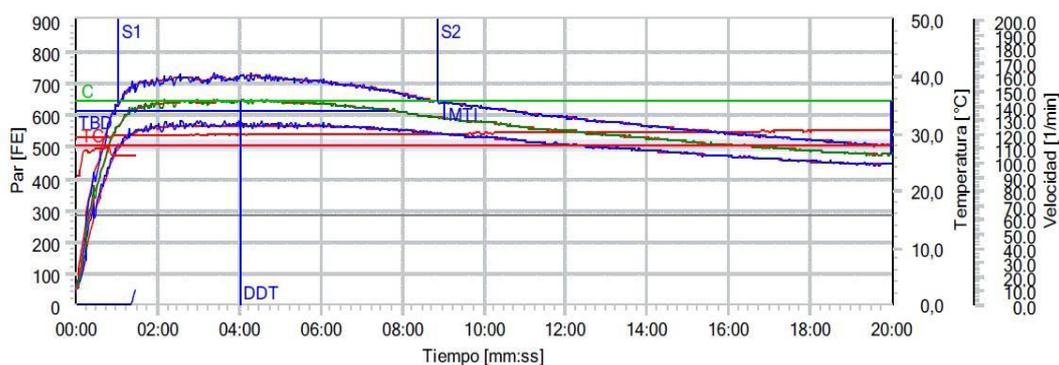


Figura 18: Gráfico de perfil farinográfico de la harina de trigo especial

Fuente: FARINOGRAFO-E de Brabender®.

Laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales - UNS.

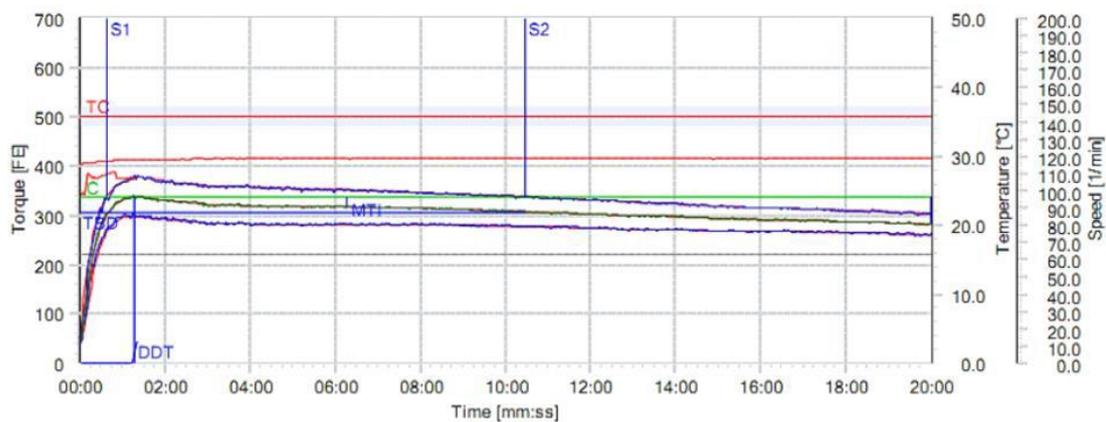


Figura 19: Gráfico de perfil farinográfico de la harina de trigo pastelera

Fuente: FARINOGRÁFO de Brabender®.

Laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales - UNS.

Al observar la tabla 19 y figura 18, se puede deducir que para la harina de trigo especial el índice de tolerancia al mezclado se encuentra sobre el valor de 500 UB, cuyo valor de absorción fue de 64,3; este valor es cercano a lo reportado por Recalde y Rodríguez (2003) cuyos valores de absorción fluctuaron entre 64,8% y 66,2% para una harina utilizada en panificación.

El valor de estabilidad de 9,5 minutos representa buena tolerancia al mezclado de la harina especial. Recalde y Rodríguez (2003) muestran valores entre 9 y 16,2 minutos para una harina utilizada en panificación.

El tiempo de desarrollo fue de 4,4 minutos; valor que se encuentra dentro de lo encontrado por Recalde y Rodríguez (2003) que fluctúan entre 2,5 y 4,7 minutos para una harina utilizada en panificación.

Según Magaña et al., (2009) “el gluten es la fracción de proteínas que proporciona la funcionalidad a la masa y se desarrolla en presencia de agua, requiriéndose un tiempo de mezclado más extenso en harinas con mayor cantidad y calidad proteica”, además “una harina fuerte presenta más estabilidad y consistencia en el proceso de amasado”.

“Es recomendable utilizar harinas con tiempo de desarrollo óptimo y contenido de proteína altos, y absorción menor para obtener panes de mayor volumen” (Dowell et al., 2008).

Al observar la tabla 19 y figura 19, se deduce que para la harina de trigo pastelera no supera los 500 UF, denotando que la masa no es resistente y presenta buena

absorción de agua, cuyo valor asciende a 57,1%. Se necesita un tiempo óptimo de desarrollo de 2,3 minutos para que la mezcla tenga estructura física y propiedades plásticas adecuadas.

Según Magaña et al., (2009) “los tiempos óptimos de desarrollo menores a 3 minutos son propiedades de harinas suaves”. Las harinas utilizadas para obtener galletas requieren baja proporción de agua y tiempos cortos de mezclado.

El índice de tolerancia al mezclado muestra un valor de 35,7 esto expresa una baja resistencia al proceso de mezclado.

Según Cazares (2011) “el índice de tolerancia representa el comportamiento de la masa el cual permite diferenciar la tolerancia máxima al amasado de la misma”.

Estos parámetros obtenidos de la HTp consolidan para ser utilizada para galletas y pasteles, valores similares encontraron Magaña et al., (2009).

Cazares (2011) refiere que “la absorción es la cantidad de agua requerida para desarrollar una consistencia estándar de la masa de 500 UB (Unidades Brabender) en el punto de máximo desarrollo de la curva”, “este porcentaje de absorción depende de la granulometría de la harina, el contenido de proteína y almidón, la humedad inicial y humedad relativa del ambiente”.

4.1.2.3 Análisis extensográfico

En la tabla 20 se muestra los resultados obtenidos en el análisis extensográfico de las harinas empleadas.

Tabla 20: Parámetros extensográficos de las harinas de trigo utilizadas

Parámetros	HTe			HTp		
	30 min	60 min	90 min	30 min	60 min	90 min
Energía (cm ²)	179±1,53	191±,58	183±1,53	83±0,57	96±1,53	81±0,57
R (UB)	918±1,53	986±1,53	1031±0,58	291±1,53	348±1,53	316±0,57
E (mm)	151±0,57	148±0,57	137±1,53	112±1,53	128±0,57	123±1,53
M (UB)	1131±1,53	1305±1,53	1244±1,53	374±1,53	441±1,53	417±1,53

R= Resistencia a la Extensión (UB) E=Extensibilidad (mm) M=Resistencia Máxima (UB)

HTe: Harina de trigo especial (Para pan de molde)

HTp: Harina de trigo pastelera (Para galletas fortificadas)

Media de 3 repeticiones ± DS

En la figuras 20 y 21 se presentan el perfil extensográfico de la harina de trigo especial (HTE) y harina de trigo pastelera (HTp) respectivamente.

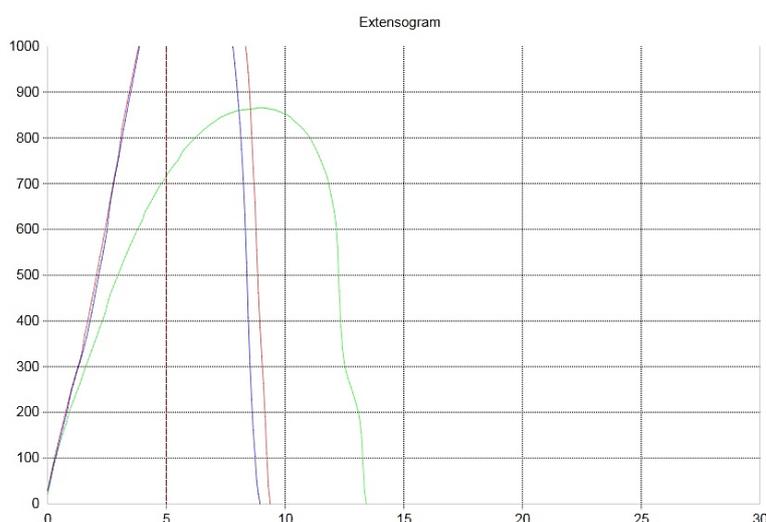


Figura 20: Gráfico de perfil extensográfico de la harina de trigo especial

Fuente: EXTENSOGRAFO-E de Brabender®.

Laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales - UNS.

Analizando la tabla 20 y figura 20 se desprende que los parámetros y el extensograma obtenido para la harina de trigo especial son característico para una harina panadera, determinándose que la masa muestra resistencia y presenta buena fuerza al amasado para producir panes tipo molde.

Los valores de energía obtenidos indican que la masa evaluada de esta harina fue de buena calidad panadera, Nitzke (2012) precisa que “cuanto mayor es la energía ejercida mayor será la fuerza de la masa y harina, valores que deben estar entre 100 y 170 cm²”.

Los valores de extensibilidad en los tiempos de fermentación evaluados determinan que la masa alcanza buena resistencia a la extensión y adecuada extensibilidad, con ello se obtendrá una masa suave y muy elástica. Moreira (2014) asevera que “si el tiempo de fermentación de la masa es demasiado largo, habrá rompimiento de la red proteica, dejando escapar el gas de fermentación, perjudicando el desenvolvimiento del pan en el horno y el volumen final”.

Según López (2015), refiere que “la calidad de la harina de trigo determina la reacción de la masa durante el amasado, fermentación y horneado del pan, ya que es el gluten el que retiene el gas y hace que la masa se levante, reteniendo así los olores, y textura típicos de los panes de molde”.

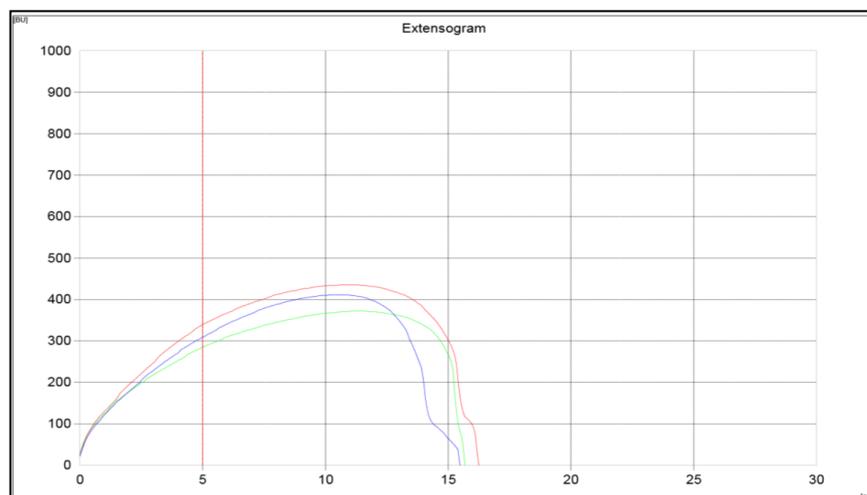


Figura 21: Gráfico de perfil extensográfico de la harina de trigo pastelera

Para el caso de la HTp, tabla 20 y figura 21, se deduce que los valores encontrados en el extensograma de esta harina, como extensibilidad y energía para los tiempos de fermentación referidos; son propios de la harina de trigo que sea considerada elaborar galletas fortificadas. Esta afirmación se corrobora por (Nitzke, 2012), donde precisa que “la extensibilidad debe encontrarse entre 120 y 160 mm y la energía o área debe ser menor a 100 cm^2 ”, además precisa que “los valores obtenidos son pequeños e indican que mayor es la tendencia de la masa a estirarse sin romperse pues caso contrario mayor hubiera sido la tendencia de la masa a estirarse y volver a su estado original”.

4.2. Tamaño de partícula de harina de cáscara de maracuyá variedad amarillo

Para lograr la distribución granulométrica de la HCMr variedad amarilla, se utilizaron tamices estandarizados y numerados en orden descendente. Se tomaron 50 g de HCMr y se evaluó el tamaño de partícula en el tamiz RETSCH durante 15 minutos, dichos resultados se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Distribución del tamaño de partícula de la harina de cáscara de maracuyá variedad amarillo

Número de tamiz (TYLER)	Tamaño de partícula (µm)	Cantidad retenida (g)	Porcentaje de retención (%)
28	600	0,38	0,762
42	355	4,23	3,479
60	250	12,43	74,915
80	180	9,12	8,280
115	125	6,13	2,287
170	90	5,16	0,343
200	75	2,56	0,130
Base o plato	-	9,88	9,804

El análisis granulométrico nos permite conocer el tamaño de partícula de la harina y su diámetro aproximado para determinar qué tan fino es el producto.

Según las Normas CODEX STAN 152 (1995) el tamaño de partícula de la harina de trigo debe pasar a través de un tamiz de N° 70 (212 µm) en un 98%. En el tamizado de HCMr el porcentaje mayor de retención fue en el tamiz N° 60 (250 µm). Según Fuertes (1998) citado por Paucar (2014) “el tamaño ideal para este fin se ubica en un rango de 50 a 500 µm”.

Al utilizar harina de los tamices de 250 µm y debajo de ellas, puede considerarse adecuado para su sustitución en productos alimenticios.

“El tamaño de partícula junto con la estructura, porosidad y densidad son características que podrían influir en algunas propiedades funcionales del residuo fibroso tales como la absorción de agua y aceite”, además, “el área de contacto de las partículas produce cambios en la velocidad de liberación de glucosa, por lo que los residuos podrían atraparla y retardar la velocidad de absorción de la misma” (Paucar, 2014).

4.3. Análisis fisicoquímico de harina de cáscara de maracuyá var. amarillo

4.3.1. Rendimiento

La tabla 22 muestra el rendimiento de cáscara de maracuyá, var. amarillo.

Tabla 22: Rendimiento de harina de cáscara de maracuyá, var. Amarillo.

Componente	Porcentaje (%)	Peso (Kg)
CMr	51 ^a	50
CMr deshidratada	9,28	4,64
HCMr molida	98,71	4,58
HCMr tamizada	98,06	4,49

CMr: cáscara de maracuyá, HCMr: Harina de cáscara de maracuyá

Fuente: ^a Empresa Delicias y Sabores E.I.R.L.

De la tabla 22 se deduce que a partir de 50 kg de cáscara de maracuyá, se obtuvo 4,64 kg de cáscara de maracuyá deshidratada y 4,49 kg de harina tamizada con granulometría adecuada para producir los productos saludables.

El rendimiento de harina en función de cascara fresca fue de 8,98%; valores de 13,7% reportaron Chung et al (2019) de la variedad amarillo. Estas diferencias se pueden deber al lugar de cultivo, condiciones de secado, grosor y tamaño de la cáscara, entre otros.

“Uno de los residuos agroindustriales de gran importancia es la cáscara de maracuyá, que contiene alrededor de 60% de fibra dietética en base seca; que de ser aprovechados mediante procesos químicos, enzimáticos y físicos se ampliaría su campo de acción”. (Quintero, 2013; Elleuch et al., 2011).

4.3.2. Composición proximal

Tabla 23: Composición proximal de la harina de cáscara de maracuyá

Componente	Valores (%)
Humedad ¹	11,25 ± 0,035
Proteína ¹	5,14 ± 0,015
Grasa ¹	0,60 ± 0,017
Cenizas	4,93 ± 0,024
Carbohidratos	49,78
Fibra bruta ¹	28,33 ± 0,295

Fuente: ¹COLECBI S.A.C (anexo 6)

Media de 3 repeticiones ± DS

La tabla 23 muestra el porcentaje de humedad de HCMr, var. amarillo, que fue de 11,25%, valores ligeramente mayores (12,04) y (12,17%) reportaron Arteaga y Silva (2015) y Villanueva (2018) respectivamente; encontrándose en el rango

permisibles para harinas sucedáneas de trigo (15%) descritas en la NTP 205.040: 2016.

Los valores de proteína (5,14%), grasa (0,6%), cenizas (4,93%) y fibra (28,33%) fueron ligeramente mayores a lo reportado por Villanueva (2018). Estas variaciones se deben a condiciones de cultivo, grado de madurez, variedad del fruto, lugar de cultivo y fechas de recolección.

La composición química proximal de la HCMr tuvo efectos en la composición final de los productos saludables preparados (panes de molde y galletas fortificadas) según diseño experimental, siendo relevante el aumento de fibra dietética.

4.3.3. Fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS)

Tabla 24: Valores de FDT, FDI y FDS de la harina de cáscara de maracuyá.

Componente	Valores (%)
FDT	63,88 ± 1,088
FDI	49,53 ± 1,214
FDS	14,76 ± 0,138

FDT: Fibra dietaria total, FDI: fibra dietaria insoluble, FDS: Fibra dietaria soluble
Media de 3 repeticiones ± DS

Observando la tabla 24, los resultados obtenidos de FDT, FDI y FDS representan datos muy importantes en la HCMr y que su consumo en los productos elaborados sustitutos contribuye a la salud humana. Cruz et al., (2015) reportaron valores de FDT (52,42%), FDI (41,19%) y FDS (9,04%). Escudero y González (2006) recomiendan “en adultos el consumo entre 20-35 g/día de fibra dietética, o 10-14 g por cada 1000 kcal; en forma general la fibra consumida debería tener una proporción de 3/1 entre insoluble y soluble”.

“Por su capacidad de retener agua, la FDI es recomendada para mejorar el volumen y mantener la frescura en productos de panificación” (Cruz et al., 2015).

La relación FDI/FDS fue de 3,32 valor menor a lo reportado por Cruz et al, (2015) que fue de 4,62; este valor refleja la importancia del consumo de HCMr adicionados a los productos saludables pues supera lo recomendado por la teoría (3/1).

“El uso de subproducto alimentarios en la sustitución de harina de trigo mejora el volumen de pan y la estructura de la miga, por la habilidad de las hemicelulosas para liberar arabinosanos solubles en agua y participan junto al gluten” (Guillon F & Champ, 2000).

“En productos de panificación no fermentables, el uso de este subproducto como sustituto parcial de harina de trigo proporciona a los productos a una sensación menos grasosa por su baja capacidad de retención de grasa” (Cruz et al., 2015).

4.3.4. Polifenoles totales y actividad antioxidante

Tabla 25: Valores de polifenoles y capacidad antioxidante de la harina de cáscara de maracuyá, var. amarillo.

Componente	Valores
Polifenoles totales (mg G.A.E./100 g)	504,75 ± 1,195
Capacidad antioxidante (µmol ET/100 g)	1520.49 ± 1,545

Media de 3 repeticiones ± DS

La tabla 25 muestra los valores de polifenoles y capacidad antioxidante de HCMr que fueron de 504,22 mg G.A.E./100 g y 1520,49 µmol ET/100 g respectivamente, valores de polifenoles totales inferiores reportaron Caballero y Escobedo (2019) a temperatura de secado de 50°C, de 95 mg A.G./100 g y valores muy altos de capacidad antioxidante de 9337,56 µmol ET/100 g. Estas diferencias se pueden deber a la variedad del fruto, suelo, prácticas de cultivo, entre otros.

Los polifenoles presentan propiedades antirradicales, como consecuencia de su naturaleza química, pues poseen uno o más grupos oxihidrilos (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos, dándole la reactividad para inactivar radicales libres a ser donadores de protones, cortando las reacciones en cadena que generan estrés oxidativo y daño celular (Park et al., 2014). “Las frutas y hortalizas se caracterizan por su alta capacidad antioxidante; compuestos tales como los fenoles, pigmentos y vitaminas contribuyen a retardar los daños producidos a nivel del sistema nervioso central, como consecuencia del envejecimiento de las células” (Ochoa-Velasco et al., 2012).

4.4. Análisis de la capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de aceite (CAAc) de harina de cáscara de maracuyá

4.4.1. Análisis de capacidad de retención de agua (CRA)

Tabla 26: Valores de CRA de la harina de cáscara de maracuyá

Número de tamiz (TYLER)	Tamaño de partícula (μm)	CRA* (mL agua retenida/g muestra)
60	250	12,93 \pm 0,15
80	180	11,81 \pm 0,11

* Media de 3 repeticiones \pm DS

Analizando la tabla 26 el valor de CRA de HCMr del tamiz N° 60 (250 μm) es el más recomendable por tener valor mayor frente al tamiz N° 80 (180 μm).

Leterme *et al.*, (1998) citado Núñez (2014) consideran que “la fibra de frutas presentan una CRA mayor a 10 gramos de agua/g de harina”. Abarca (2010) precisa que “a mayor fracción soluble en fibra de frutas mayor será la capacidad de retención de agua”.

Orihuela y Matos (2011) refieren que “la harina de cáscara de maracuyá puede ser utilizada en panificación porque alarga la vida útil brindando mejor volumen, humedad, apariencia fresca y suavidad”.

4.4.2. Análisis de capacidad de adsorción de aceite (CAAc)

Tabla 27: Valores de CAAc de la harina de cáscara de maracuyá

Número de tamiz (TYLER)	Tamaño de partícula (μm)	CAAc* (mL aceite retenido/g muestra)
60	250	2,89 \pm 0,021
80	180	2,66 \pm 0,018

* Media de 3 repeticiones \pm DS

Analizando la tabla 27 el valor de CAAc de HCMr del tamiz N° 60 (250 μm) es el más recomendable por tener valor mayor frente al tamiz N° 80 (180 μm).

Schweizer (1992) citado en Núñez (2014) precisa que “la capacidad de adsorción de aceite en harinas de residuos de frutas y vegetales es menor a 2 g aceite/g de harina y para cereales los valores fluctúan entre 2 a 4 g aceite/g harina”.

Los valores de CAAC encontrados en este estudio para tamices N° 60 (250 μ m) y N° 80 (180 μ m), estuvieron entre 2,66 y 2,89 g aceite/g harina respectivamente, valores ligeramente superiores a lo reportado por Matsuura (2005) que fue de 2,5 g aceite/g harina.

Abarca (2010) refiere que “la fracción insoluble de la fibra y la presencia de lignina presente en las harinas de frutas y vegetales incide y facilita en una mayor capacidad de adsorción de aceite debido al gran tamaño de sus moléculas”.

4.5. Evaluación de los panes de molde y galletas fortificadas producidos con harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico.

4.5.1. Evaluación del volumen específico del pan de molde obtenido.

En la figura 22 se presenta los panes de molde producidas con sus respectivas alturas para cada tratamiento según el diseño planteado, con sustitución de HCMr y adición de AAs.



Figura 22: Altura de los panes de molde producidas según diseño experimental

En la figura anterior se observa claramente que la sustitución con HCMr y adición de AAs tuvo efectos en la altura de los panes tipo molde, comprobando que a mayor sustitución con harina sucedánea menor es la altura, y esto se puede comprobar con la determinación del volumen específico.

Según Osorio et al., (2009) “existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de sustitución y el volumen específico, dado que los panes con

sustituciones de harinas sucedáneas entre 5 y 10% fueron menores que los elaborados solo con harina de trigo”.

López (2015) refiere que “la sustitución disminuye la cantidad de gluten presente en la masa, reduciendo la fortaleza de su estructura dentro de la hogaza, así, ante cambios súbitos de presiones internas de estructura cede, dejando escapar los gases disminuyendo el volumen del pan”.

Tabla 28: Valores promedio de volumen específico del pan de molde y galletas fortificadas según diseño experimental

Tratamientos	HCMr (%)	ÁAs (ppm)	VEPM (ml/g)	VEGF (ml/g)
T1	3	80	4,84 ± 0,12	4,88 ± 0,09
T2	7	80	4,09 ± 0,09	4,26 ± 0,11
T3	3	220	5,28 ± 0,03	4,89 ± 0,10
T4	7	220	4,84 ± 0,05	4,38 ± 0,09
T5	2	150	5,10 ± 0,06	4,97 ± 0,07
T6	8	150	4,31 ± 0,07	4,29 ± 0,08
T7	5	50	4,89 ± 0,10	4,51 ± 0,06
T8	5	250	5,24 ± 0,10	4,61 ± 0,05
T9	5	150	4,90 ± 0,09	4,67 ± 0,08
T10	5	150	4,87 ± 0,06	4,70 ± 0,03
T11	5	150	4,83 ± 0,05	4,69 ± 0,08
Control	0	0	5,30 ± 0,04	5,29 ± 0,09

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs: ácido ascórbico, VEPM: volumen específico de pan de molde, VEGF: volumen específico de galleta fortificada

4.5.2. Evaluación estadística del volumen específico de los panes de molde

La tabla 29 presenta los coeficientes de regresión lineal, regresión cuadrática y correlación de ambas variables planteadas. La significancia de dichas variables se constata en la figura 23 (Diagrama de Pareto). Estos coeficientes de regresión indican el error estándar, valor de t-student (en relación de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la correlación de las variables: HCMr (x1) y ÁAs (x2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11)

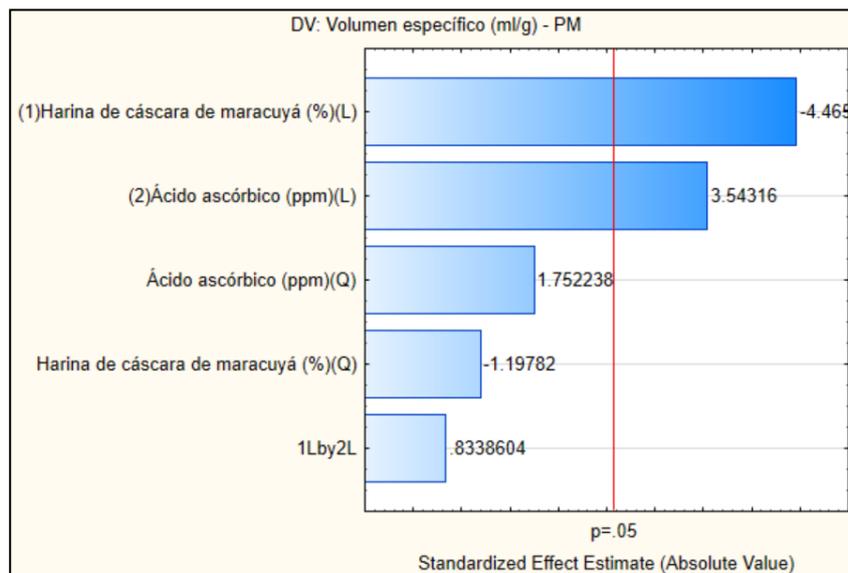


Figura 23: Diagrama de Pareto para volumen específico de pan de molde

Tabla 29: Coeficientes de regresión de variable respuesta volumen específico de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	4.864686	0.090590	53.70024	<0.00001
X₁(L)	-0.530104	0.118714	-4.46538	0.006607
X₁Q)	-0.156666	0.130792	-1.19782	0.284665
X₂(L)	0.359762	0.101537	3.54316	0.016507
X₂(Q)	0.126974	0.072464	1.75224	0.140118
X₁.X₂	0.132842	0.159309	0.83386	0.442361

x₁=Harina de cáscara de maracuyá, x₂=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El nivel de significancia fue de 5%, es decir la probabilidad significativa se da a valores menores que 0,05; por tanto los términos significativos (ver tabla 30 y figura 23) en la respuesta volumen específico, fueron los términos lineales HCMr y AAs. Esto implica que el volumen específico de los panes se ve influenciado por la sustitución con HCMr y adición de AAs, a mayor sustitución con HCMr menor fue el volumen específico y a mayor adición de AAs mayor fue el volumen específico del pan de molde.

El valor r^2 para el diseño planteado fue de 89,17%, este valor precisa que el ajuste del modelo fue bueno. Si se excluye los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 78,34%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado.

Tabla 30: ANOVA para variable respuesta volumen específico de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,548923	1	0,548923	19.93965	0,006607
HCMr (%) (Q)	0,039498	1	0,039498	1.43478	0,284665
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,345601	1	0,345601	12.55398	0,016507
ÁAs (ppm) (Q)	0,084524	1	0,084524	3.07034	0,140118
1L by 2L	0,019142	1	0,019142	0.69532	0,442361
Error	0,137646	5	0,027529		
Total SS	1,270957	10			

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs: ácido ascórbico
Fuente: Statística v. 12.0

El ANOVA (tabla 30) comprueba la significancia estadística ($p < 0,05$) de los términos lineales HCMr y AAs, de esta manera se rechaza la hipótesis nula. El valor de r^2 fue de 0,8917 y se adecua al diseño, entonces, se puede construir una relación matemática de este modelo ajustado (ecuación 3)

$$\text{Volumen específico PM} = 4,86 - 0,53 x_1 - 0,156x_1^2 + 0,133x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (3)$$

Como el valor de r^2 es superior a 70% fue posible graficar la superficie de respuesta para el volumen específico (figura 24).

La figura 24 muestra la superficie de respuesta observando que conforme aumenta la sustitución de HCMr (2-8%) menor es el volumen específico del pan tipo molde; y cuando mayor es la adición de AAs (50-250 ppm) mayor es el volumen específico. El tratamiento T3 obtuvo un valor de volumen específico de 5,276 ml/g valor cercano al patrón (5,302 ml/g).

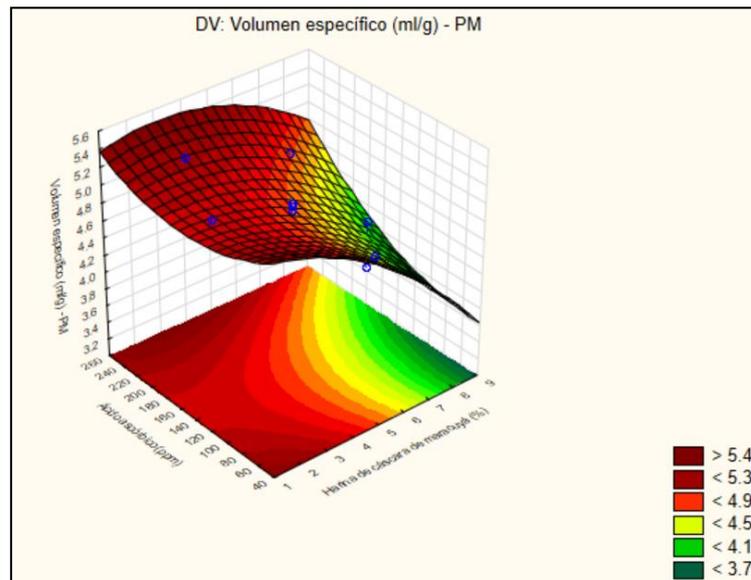


Figura 24: Superficie de respuesta del volumen específico de los panes de molde

Silva (2016) refiere que “la sustitución de la harina de trigo con harinas sucedáneas, disminuye el gluten, que son proteínas que dan elasticidad y expansibilidad a los productos de panificación”. Esto se comprobó en este estudio que si aumenta la sustitución con HCMr, el pan de molde disminuye su volumen. López (2015) precisa que “las harinas sustituidas con altos niveles de fibras en panificación, actúan como puntos de debilidad facilitando la ruptura física de la matriz de gluten y por consiguiente perjudicando la expansión de la masa durante la fermentación”.

“El ácido ascórbico es una sustancia oxidante que mejora la masa, ya que refuerza las propiedades mecánicas del gluten, aumenta la capacidad de retención del gas carbónico dando como resultado un pan con mayor volumen y una miga más uniforme”. (Peñasco, 1999; citado en Murga y Sánchez, 2013).

4.5.3. Evaluación estadística del volumen específico de la galleta fortificada

En la tabla 28 se visualiza los datos obtenidos del volumen específico de la galleta fortificada según el diseño planteado, que se encuentran en el rango de 4,264 ml/g (T2) a 4,967 ml/g (T5). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

En la tabla 31 se presenta los coeficientes de regresión lineal, regresión cuadrática y correlación de variables independientes planteadas. La significancia de estas variables se presenta en la Figura 25 (Diagrama de Pareto). Los

coeficientes de regresión indican el error estándar, valor de t-student (en relación de los grados de libertad y el sesgo experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x1) y AAs (x2).

Tabla 31: Coeficientes de regresión de la respuesta volumen específico de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	4,681998	0,029984	156,1517	<0,00001
X₁(L)	-0,498124	0,039292	-12,6774	0,000054
X₁(Q)	-0,056986	0,043290	-1,3164	0,245158
X₂(L)	0,018022	0,033607	0,5363	0,614774
X₂(Q)	-0,057859	0,023984	-2,4124	0,060687
X₁.X₂	0,022749	0,052729	0,4314	0,684115

X₁=HCMr, X₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El nivel de significancia fue de 5%, es decir la probabilidad significativa se da a valores menores que 0,05; por tanto el término significativo (ver tabla 32 y figura 25) de la respuesta volumen específico, fue el término lineal HCMr.

Esto implica que el volumen específico de la galleta fortificada estuvo influenciada por la sustitución de HCMr y no por la adición de AAs, a mayor reemplazo de HCMr menor fue el volumen específico. El valor r² para el diseño planteado fue de 97,39%, este valor precisa que el ajuste del modelo fue bueno. Si se excluye los términos no significativos (p>0,05), el nuevo valor r² fue de 94,78%; este valor ratifica el adecuado ajuste del diseño planteado.

El ANOVA (tabla 32) comprueba la significancia estadística (p<0,05) del término lineal HCMr, de esta manera se rechaza la hipótesis nula. El valor de r² se adecua al diseño, por tanto se puede generar una ecuación de este modelo ajustado (ecuación 4)

$$\text{Volumen específico GF} = 4.682 - 0.498x_1 + 0.057x_1^2 - 0.223x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (4)$$

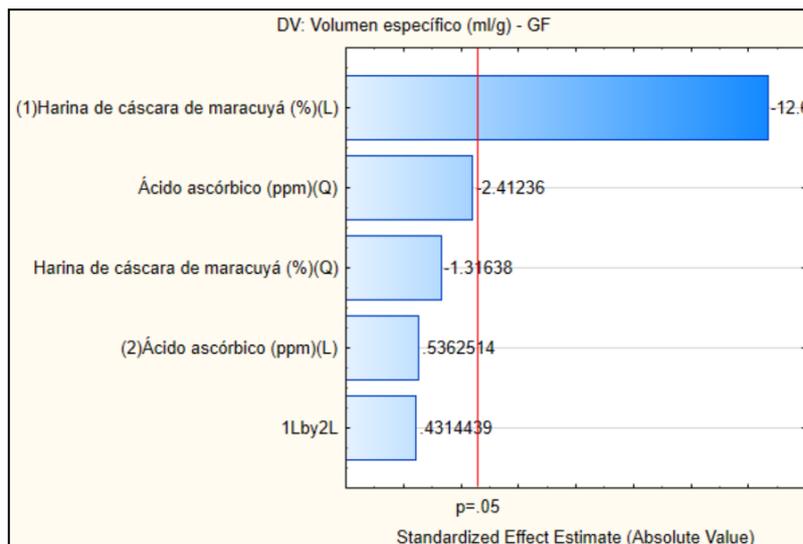


Figura 25: Diagrama de Pareto para volumen específico de galletas fortificadas

Tabla 32: ANOVA para variable respuesta volumen específico de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,484689	1	0,484689	160,7155	0,000054
HCMr (%) (Q)	0,005226	1	0,005226	1,7329	0,245158
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,000867	1	0,000867	0,2876	0,614774
ÁAs (ppm) (Q)	0,017550	1	0,017550	5,8195	0,060687
1L by 2L	0,000561	1	0,000561	0,1861	0,684115
Error	0,015079	5	0,003016		
Total SS	0,523972	10			

Fuente: Statistica v. 12.0

Como el valor de r^2 fue de 0,9478 es posible construir la superficie de respuesta para volumen específico de la galleta fortificada (figura 26).

En la figura 26 se muestra la superficie de respuesta donde se observa que conforme aumenta la sustitución de HCMr (2-8%) menor es el volumen específico de la galleta fortificada. El tratamiento T5 obtuvo un valor de volumen específico de 4,967 ml/g valor cercano al patrón (5,064 ml/g).

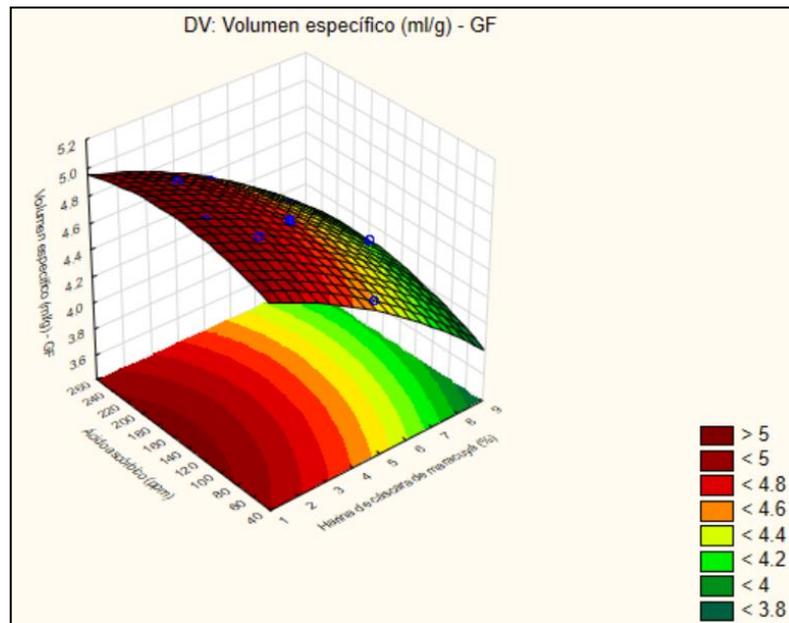


Figura 26: Superficie de respuesta del volumen específico de la galleta fortificada

Cabe precisar que se reemplazó la manteca vegetal con aceite de girasol, en los aceites vegetales predominan los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados, Cabeza (2009) refiere que “la grasa contribuye al aumento de longitud, reducción del grosor y peso de las galletas caracterizadas por una estructura fácil de romper”. Con esta aseveración, la disminución del volumen específico de la galleta fortificada se vio influenciada por la sustitución con HCMr, también por la baja capacidad de adsorción de aceite que presenta esta harina sustituta.

Cabeza (2009) precisa que “los ácidos grasos desempeñan una misión antiaglutinante en las masas, contribuye a su plasticidad y su adición suaviza la masa, actúan como lubricante, además juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que disminuyen su dureza característica”.

Mugdil *et al.*, (2017) refieren que “la relación entre la longitud y altura de las galletas se podría atribuir a los niveles más bajos de proteínas disponibles para retener el agua sujeto a la disminución de gluten por la sustitución con harinas sucedáneas”. Esto se pudo comprobar en este estudio, porque la disminución del volumen específico de la galleta, estuvo relacionado al aumento de la sustitución con HCMr, por la baja proporción proteica que tiene esta harina.

4.5.4. Evaluación estadística de la humedad del pan de molde y galleta fortificada

Tabla 33: Valores promedio de humedad del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental

Tratamientos	HCMr (%)	AAs (ppm)	HPM (%) ¹	HGF (%) ¹
T1	3	80	5,53 ± 0,03	2,56 ± 0,03
T2	7	80	6,44 ± 0,04	2,70 ± 0,02
T3	3	220	5,89 ± 0,03	2,54 ± 0,01
T4	7	220	6,63 ± 0,03	2,73 ± 0,04
T5	2	150	5,61 ± 0,02	2,46 ± 0,03
T6	8	150	6,37 ± 0,02	2,79 ± 0,04
T7	5	50	6,22 ± 0,03	2,67 ± 0,03
T8	5	250	6,06 ± 0,02	2,69 ± 0,03
T9	5	150	6,21 ± 0,02	2,68 ± 0,03
T10	5	150	6,17 ± 0,04	2,67 ± 0,02
T11	5	150	6,19 ± 0,04	2,68 ± 0,03
Control	0	0	5,58 ± 0,02	2,47 ± 0,04

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAs: ácido ascórbico

Fuente: ¹COLECBI S.A.C. (Anexo 6)

4.5.4.1. Evaluación estadística de la humedad del pan de molde

En la tabla 34 se presenta los coeficientes de regresión lineal, regresión cuadrática y correlación de las variables planteadas, se visualiza que la variable, HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y no en el término cuadrático, la variable AAs no tuvo significancia en ninguno de los términos. La significancia de las variables estudiadas se presenta en la Figura 27 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en relación de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la correlación de las variables: Harina de cáscara de maracuyá (x_1) y ácido ascórbico (x_2). El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable humedad asciende a 86,656%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 73,312%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior a 70%. La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 34: Coeficientes de regresión de humedad de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,173679	0,094192	65,54346	<0,00001
X₁(L)	0,653037	0,123435	5,29053	0,003217
X₁(Q)	-0,144426	0,135993	-1,06201	0,336812
X₂(L)	0,049600	0,105575	0,46981	0,658268
X₂(Q)	0,014144	0,075346	0,18772	0,858477
X₁.X₂	-0016215	0,165644	-0,09789	0,925824

X₁=HCMr, X₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Fuente: Statistica v. 12.0

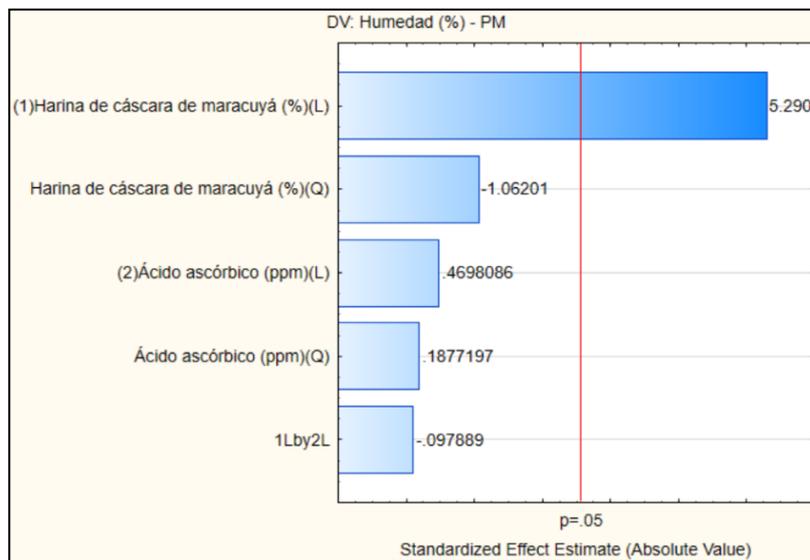


Figura 27: Diagrama de Pareto para la variable humedad de pan de molde

La tabla 35 muestra el análisis de varianza (ANOVA) en la que describe el modelo para la variable respuesta humedad del pan de molde, el término lineal HCMr fue estadísticamente significativo (p<0,05), además el valor de r² fue de 0,865, permitiendo la representación de la superficie de respuesta.

En virtud de los resultados de coeficientes de regresión y ANOVA obtenidos, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Humedad PM} = 6.1736 + 0.653x_1 - 0.144x_1^2 - 0.0162x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (5)$$

Tabla 35: ANOVA para variable respuesta humedad de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,833037	1	0,833037	27,98971	0,003217
HCMr (%) (Q)	0,033568	1	0,033568	1,12786	0,336812
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,006569	1	0,006569	0,22072	0,658268
ÁAs (ppm) (Q)	0,001049	1	0,001049	0,03524	0,858477
1L by 2L	0,000285	1	0,000285	0,00958	0,925824
Error	0,148811	5	0,029762		
Total SS	1,115200	10			

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs: ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

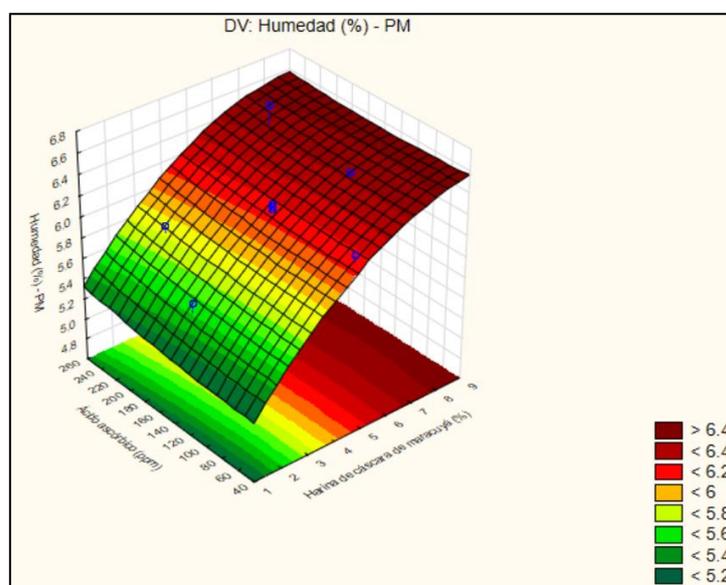


Figura 28: Superficie de respuesta de la humedad de los panes de molde

En la figura 28 se observa que a medida que aumenta la sustitución del pan de molde con HCMr aumenta la humedad, esto se debe a la alta capacidad de retención de agua que presenta esta harina, y también porque su humedad es menor que la harina de trigo, además de presentar buena proporción de fibra soluble, esta harina presenta la propiedad de retener agua durante el proceso de horneado.

Según la Norma RM N° 1020-2010/MINSA el porcentaje de humedad en base seca del pan de molde no debe exceder de 6%, los valores de humedad del pan de molde de este estudio fluctuaron entre 5,53% (T1) y 6,37% (T6) este ligero

incremento se dio cuando la sustitución fue superior a 5% con HCMr, debido a que esta harina tiene mayor capacidad de retención de agua; por lo tanto conforme aumenta la sustitución mayor será el contenido de humedad.

Baños (2007), “al investigar la adición de fibra soluble en panes, observo que a medida que se incrementaba la fibra soluble también aumenta la humedad de los panes ya que este tuvo buena capacidad de retención de agua”.

“La fibra presente en harinas presenta mayor capacidad de retención de agua, lo que ocasiona que por su acción osmótica capte agua y forme coloides tipo gel imposibilitando su evaporación”. (Ivana, 2013).

4.5.4.2. Evaluación estadística de la humedad de la galleta fortificada

La tabla 36 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal. El diagrama de Pareto (Figura 29) muestra la significancia de las variables en estudio. Los coeficientes de regresión expresan el error estándar, valor t-student (en relación de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la correlación de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2).

Tabla 36: Coeficientes de regresión de variable respuesta humedad de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	2,672619	0,014392	185,7055	<0,00001
X₁(L)	0,196725	0,018860	10,4309	0,000140
X₁(Q)	-0,052514	0,020779	-2,5273	0,052702
X₂(L)	0,004694	0,016131	0,2910	0,782735
X₂(Q)	0,000144	0,011512	0,0125	0,990531
X₁.X₂	0,012310	0,025309	0,4864	0,647255

x_1 =HCMr, x_2 =AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El diseño experimental de la variable humedad mostró un valor de r^2 de 80,496%, este valor expresa que el ajuste del modelo fue adecuado en virtud

que este valor r^2 fue superior a 70%. La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

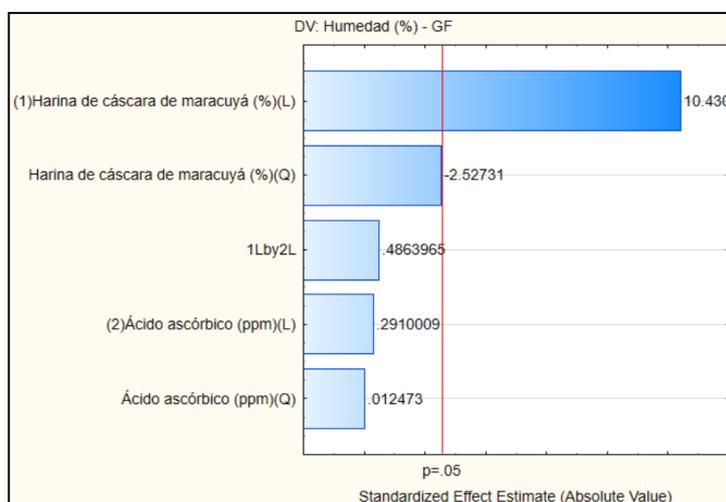


Figura 29: Diagrama de Pareto para la variable humedad de galleta fortificada

La tabla 37 muestra el ANOVA donde describe que el modelo para la humedad de la galleta fortificada el término lineal HCMr fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,865, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 30).

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Humedad GF} = 2.6726 + 0.21967x_1 - 0.0525x_1^2 + 0.1231x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (6)$$

Tabla 37: ANOVA para variable respuesta humedad de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,075597	1	0,075597	108,8040	0,000140
HCMr (%) (Q)	0,004438	1	0,004438	6,3873	0,052702
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,000059	1	0,000059	0,0847	0,782735
ÁAs (ppm) (Q)	0,000000	1	0,000000	0,0002	0,990531
1L by 2L	0,000164	1	0,000164	0,2366	0.647255
Error	0,003474	5	0,000695		
Total SS	0,075597	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico

Fuente: Statistica v. 12.0

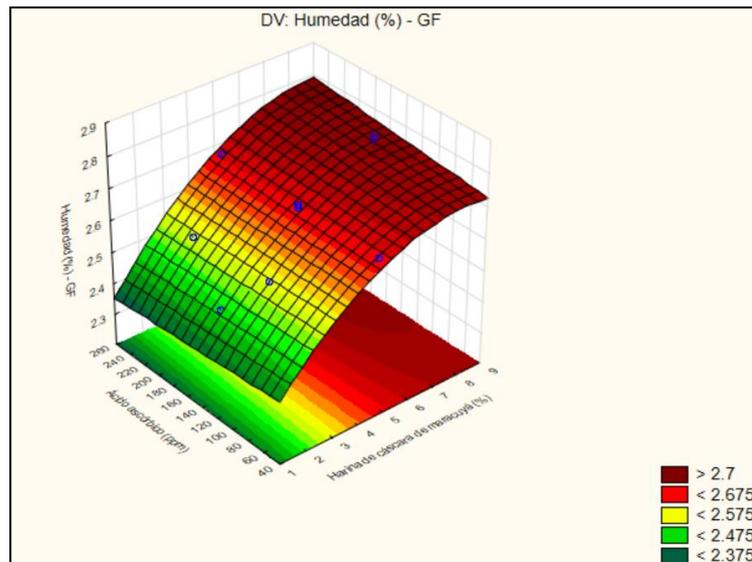


Figura 30: Superficie de respuesta de la humedad de galleta fortificada

En la figura 30 se visualiza que conforme aumenta la sustitución de la galleta fortificada con HCMr aumenta la humedad, esto se explica por la alta capacidad de retención de agua que presenta esta harina.

Según la Norma RM N° 1020-2010/MINSA el porcentaje de humedad de galletas debe exceder de 12%, valores que en la galleta fortificada fluctuaron entre 2,46% (T5) y 2,79% (T6). Los valores menores de humedad encontrados en las galletas fortificadas de este estudio se encuentran debajo de los valores permisibles asegurando su mayor tiempo de vida útil si se utilizan empaques adecuados.

Kure et al., (1998) precisa que “contenidos de humedad por debajo del 10% en galletas reduce la posibilidad de deterioro por microorganismos y por consiguiente el aumento de la vida útil”.

4.5.5. Evaluación estadística de proteínas del pan de molde y galleta fortificada

En la tabla 38 se presenta los valores de proteína del pan de molde y galletas fortificadas según diseño experimental planteado.

Tabla 38: Valores promedio de proteína del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental

Tratamientos	HCMr (%)	AAs (ppm)	PPM (%) ¹	PGF (%) ¹
T1	3	80	11,16 ± 0,01	7,18 ± 0,02
T2	7	80	10,75 ± 0,03	6,92 ± 0,03
T3	3	220	11,14 ± 0,03	7,18 ± 0,01
T4	7	220	10,41 ± 0,04	6,81 ± 0,02
T5	2	150	11,60 ± 0,02	7,51 ± 0,03
T6	8	150	10,26 ± 0,07	6,94 ± 0,01
T7	5	50	10,92 ± 0,02	7,07 ± 0,02
T8	5	250	11,09 ± 0,03	7,17 ± 0,03
T9	5	150	10,42 ± 0,02	7,09 ± 0,02
T10	5	150	10,58 ± 0,01	7,01 ± 0,02
T11	5	150	10,45 ± 0,06	7,13 ± 0,03
Control	0	0	11,67 ± 0,04	7,64 ± 0,01

PPM: Proteínas pan de molde, PGF: Proteínas galleta fortificada
Fuente: ¹COLECBI S.A.C (Anexo 6)

4.5.5.1. Evaluación estadística de proteínas del pan de molde

En la tabla 39 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática correlación de las variables independientes estudiadas, se visualiza que la variable, harina de cáscara de maracuyá mostró diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en el término lineal sobre la respuesta **proteína** del pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 31 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican al error estándar, el valor de t-student (en relación de los grados de libertad y el error experimental), y la significancia de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: Harina de cáscara de maracuyá (x_1) y ácido ascórbico (x_2). El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable proteína asciende a 86,762%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$) el valor r^2 fue de 73,523%, este valor expresa que el ajuste del modelo fue adecuado en virtud que este valor r^2 fue superior a 70%. La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 39: Coeficientes de regresión de variable respuesta proteína de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	10,54032	0,117364	89,80905	<0,00001
X₁(L)	-0,75905	0,153800	-4,93527	0,004340
X₁(Q)	0,37571	0,169448	2,21723	0,077397
X₂(L)	0,11890	0,131547	0,90387	0,407501
X₂(Q)	0,21437	0,093881	2,28338	0,071237
X₁.X₂	-0,08438	0,206393	-0,40884	0,699580

X₁=HCMr, X₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 40, describe que el modelo para la proteína del pan de molde el término lineal, HCMr fue estadísticamente significativo (p<0,05), además el valor de r² fue de 0,7352, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 32).

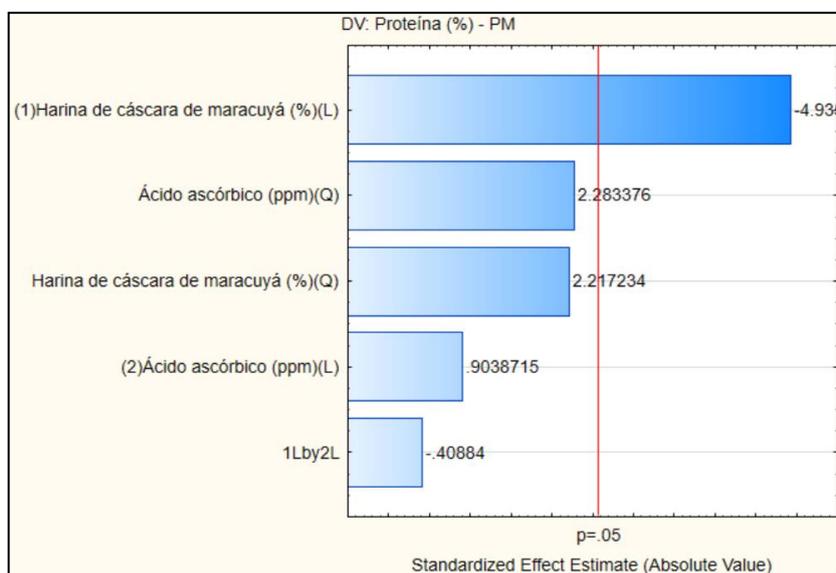


Figura 31: Diagrama de Pareto para la variable proteína de pan de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Proteína PM} = 10.54 - 0.759x_1 + 0.3757x_1^2 - 0.0843x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (7)$$

Tabla 40: ANOVA para variable respuesta proteína de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	1,125446	1	1,125446	24,35685	0,004340
HCMr (%) (Q)	0,227157	1	0,227157	4,91613	0,077397
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,037750	1	0,037750	0,81698	0,407501
ÁAs (ppm) (Q)	0,240912	1	0,240912	5,21381	0,071237
1L by 2L	0,007723	1	0,007723	0,16715	0,699580
Error	0,231033	5	0,046207		
Total SS	1,870021	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico

Fuente: Statistica v. 12.0

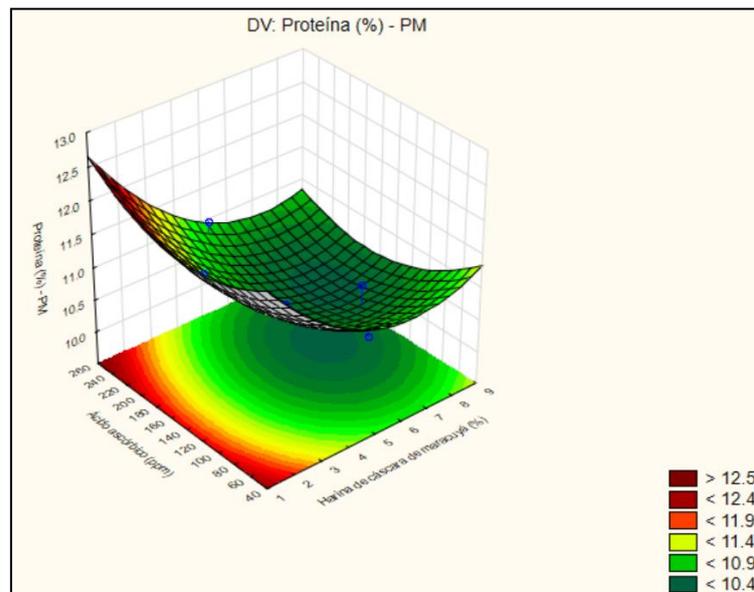


Figura 32: Superficie de respuesta de la proteína de los panes de molde

Se debe considerar que la HCMr presentó bajo contenido proteico por consecuencia los niveles de proteína descienden conforme aumenta la sustitución.

Se pudo comprobar que conforme aumenta la sustitución con HCMr el contenido proteico desciende, dado que esta harina es pobre en este componente; además se observó que a más sustitución con HCMr el pan de molde tiende a presentar oscurecimiento por efecto de los azúcares presentes.

Los valores de proteína de pan de molde en base seca de este estudio fluctuaron

entre 10,26% (T6) y 11,60% (T5). El valor de proteína de pan blanco o pan de molde según USDA (2018) es de 10,66% con una humedad de 39,60%. Según Reyes et al., (2017) encontraron valores de 6,8% de proteína en un pan de molde comercial. Los valores de proteína encontrados en este estudio se encuadran dentro de los valores estándares para considerarse un producto saludable proteico.

4.5.5.2. Evaluación estadística de proteínas de la galleta fortificada

La tabla 41 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables planteadas, se visualiza que la variable, HCMr mostró efecto estadístico significativo ($p < 0,05$) en el término lineal; la variable ácido ascórbico no presentó efecto significativo ($p > 0,05$). La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 33 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, valor t-student (en relación de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la correlación de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 para el diseño experimental de proteína fue de 81,54%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 63,08%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible determinar un modelo matemático para construir la superficie de respuesta.

Tabla 41: Coeficientes de regresión para respuesta proteína de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7,054645	0,060912	115,8168	<0,00001
X₁(L)	-0,357462	0,079823	-4,4782	0,006530
X₁(Q)	0,088453	0,087944	1,0058	0,360683
X₂(L)	-0,003668	0,068273	-0,0537	0,959235
X₂(Q)	0,004244	0,048725	0,0871	0,933964
X₁.X₂	-0,038015	0,107119	-0,3549	0,737152

x_1 =HCMr, x_2 =AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

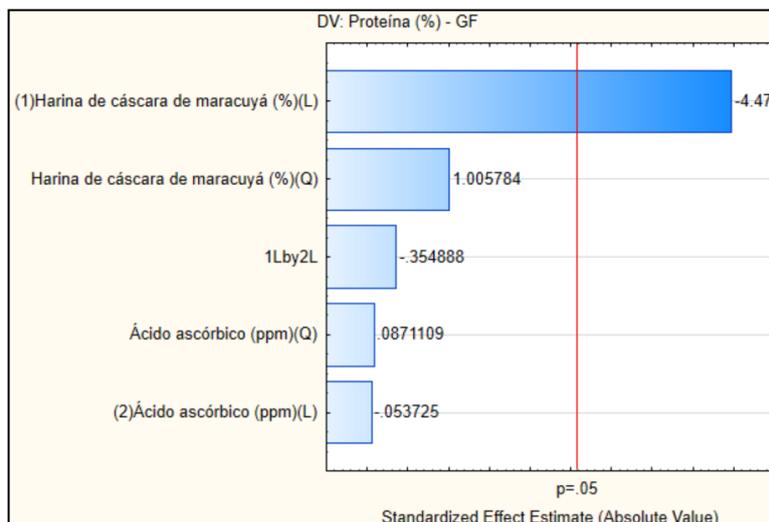


Figura 33: Diagrama de Pareto para la variable proteína de galleta fortificada

Se puede deducir que conforme aumenta la sustitución de la galleta fortificada con HCMr (2-8%) disminuye el contenido proteico. Los valores de proteínas de galletas fortificadas de este estudio fluctuaron entre 6,92% (T2) y 7,51% (T5). Valores similares reportaron Reyes et al., (2017) con 6% de proteínas en galletas dulces y López (2007) reportó 8,39% de proteínas en galletas fortificadas con harina de tarwi con 12% de sustitución y con una humedad de 4,34%. Los valores encontrados se encuentran dentro de los estándares exigidos para galletas fortificadas.

4.5.6. Evaluación estadística del contenido de grasa del pan de molde y galleta fortificada

En la tabla 32 se presenta los alores promedio del contenido de grasa del pan de molde y galleta fortificada según el diseño planteado en el estudio.

Tabla 42: Valores promedio del contenido de grasa del pan de molde y galleta fortificada

Tratamientos	HCMr (%)	AAs (ppm)	GPM (%) ¹	GGF (%) ¹
T1	3	80	6,69 ± 0,04	16,09 ± 0,03
T2	7	80	7,03 ± 0,02	16,17 ± 0,03
T3	3	220	6,87 ± 0,04	16,05 ± 0,01
T4	7	220	6,71 ± 0,03	16,21 ± 0,04
T5	2	150	6,82 ± 0,04	16,02 ± 0,04
T6	8	150	7,12 ± 0,02	16,06 ± 0,02
T7	5	50	7,06 ± 0,01	16,13 ± 0,04
T8	5	250	7,23 ± 0,02	16,11 ± 0,03
T9	5	150	7,18 ± 0,01	16,15 ± 0,02
T10	5	150	7,16 ± 0,02	15,99 ± 0,01
T11	5	150	7,21 ± 0,03	16,02 ± 0,02
Control	0	0	7,17 ± 0,03	16,18 ± 0,04

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAs: ácido ascórbico

Fuente: ¹COLECBI S.A.C

4.5.6.1. Evaluación estadística del contenido de grasa del pan de molde

En la tabla 43 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que ningún término, tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$), esto quedó demostrada en el diagrama de Pareto (Figura 34). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 para el diseño experimental de la variable grasa fue de 57,56% como este valor está por debajo de 70% no fue posible establecer un modelo matemático para construir la superficie de respuesta.

Esto comprueba que el contenido de grasa no se vio influenciada en el pan de molde con la sustitución de HCMr y ni la adición de AAs, porque no se pudo establecer un modelo estadístico de variación de grasa del pan de molde; por ello no fue posible la construcción de la superficie de respuesta.

Tabla 43: Coeficientes de regresión de variable respuesta %grasa de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7,132127	0,100957	70,64551	<0,00001
X₁(L)	0,094881	0,132300	0,71717	0,505369
X₁(Q)	-0,266730	0,145760	-1,82993	0,126779
X₂(L)	-0,030203	0,113157	-0,26691	0,800195
X₂(Q)	-0,042999	0,080757	-0,53246	0,617212
X₁.X₂	-0,251952	0,177540	-1,41913	0,215082

X₁=HCMr, x₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

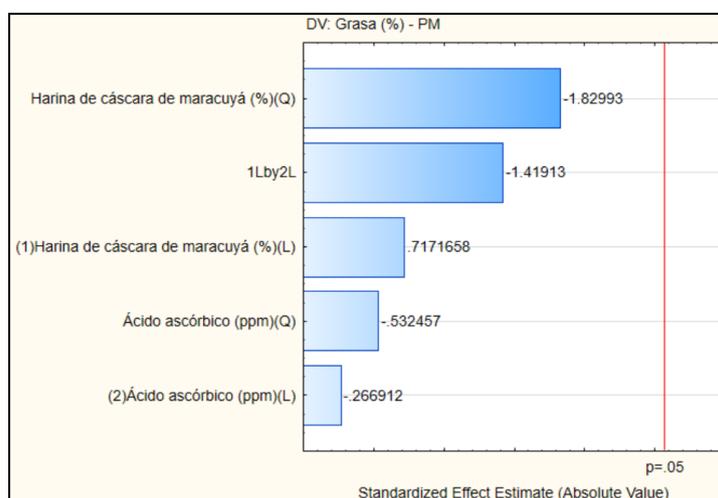


Figura 34: Diagrama de Pareto para la variable %grasa de pan de molde

Los valores obtenidos de grasa del pan de molde en este estudio fluctuaron entre 6,69%(T1) y 7,23%(T8) en base seca, no se observa gran variación en el contenido de este componente debido a que la HCMr es bajo en grasa. Moreno (2017) encontró valores entre 9,4% a 10,03% de grasa en panes de molde sustituidos con harina de cáscara de mango (5-15%). Navarro-Martínez y Pereira-Jalilie (2020) reportaron valores de 9,43% de grasa en pan de molde con sustitución de harina de quinua y chía reemplazando la grasa por aceite de oliva. Estos valores ligeramente más bajos comparados con los reportados, se debe a que se reemplazó en la formulación la grasa por aceite de girasol, considerando así el pan de molde como saludable.

4.5.6.2. Evaluación estadística del contenido de grasa de la galleta fortificada

En la tabla 44 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que ninguno de los términos, tuvieron efecto estadístico significativo ($p < 0,05$), esto se pudo comprobar observando la figura 36 (Diagrama de Pareto). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 para el diseño experimental de la variable grasa fue de 42,57% como este valor está por debajo de 70% no fue posible determinar un modelo matemático para construir la superficie de respuesta

Tabla 44: Coeficientes de regresión de variable %grasa de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	16,07177	0,040830	393,6312	<0,00001
X₁(L)	0,08226	0,053505	1,5373	0,184818
X₁(Q)	0,00414	0,058949	0,0702	0,946723
X₂(L)	0,02195	0,045764	0,4796	0,651777
X₂(Q)	0,03409	0,032660	1,0439	0,344352
X₁.X₂	0,05510	0,071802	0,7674	0,477522

X₁=HCMr, X₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

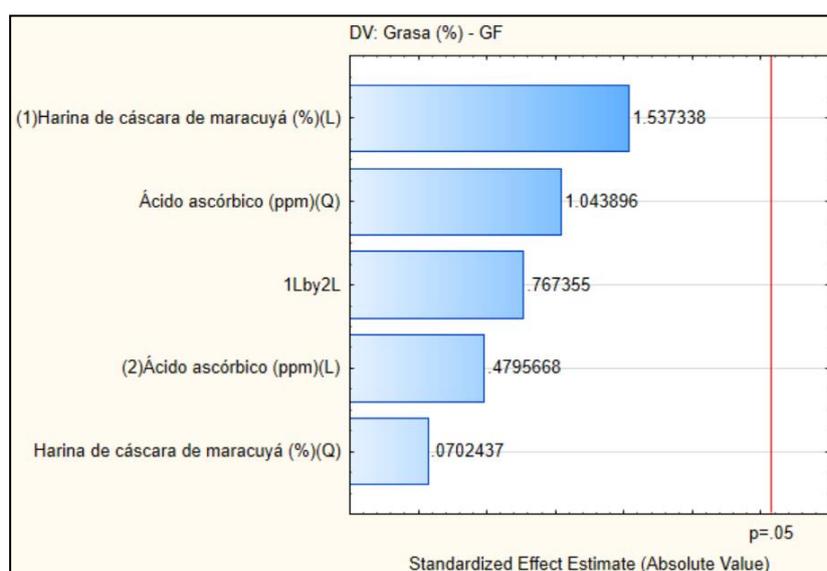


Figura 35: Diagrama de Pareto para la variable %grasa de galleta fortificada

El contenido de grasa de la galleta fortificada no tuvo influencia estadística por la sustitución de HCMr (2-8%) y la adición de AAs (50-250 ppm), no pudiéndose determinar un planteamiento matemático a fin de construir la superficie de respuesta.

Se obtuvieron valores de grasa (16,02 a 16,21%) en base seca al reemplazar aceite de girasol por manteca vegetal en la elaboración galleta fortificada, Hidalgo y Pérez (2018) encontraron valores de 21,17% de grasa en galletas fortificadas con harina de maca y kiwicha.

López (2007) encontró valores de 28,69% de grasa a una humedad de 4,34% en galletas fortificadas con harina destoxificada de tarwi.

Los valores de grasa encontrados en las galletas fortificadas son menores a los reportados en la bibliografía.

“El aceite de girasol contiene más de 85% de ácidos grasos insaturados, representando los 2/3 el ácido linoleico (ω -6), además contiene tocoferoles, esteroides y ésteres de esteroles, fosfolípidos, ceras, carotenoides, clorofila y metales traza”. (Izquierdo et al., 2009).

“El aceite de girasol presenta un alto contenido de α -tocoferol, así como ciertos niveles de γ -tocoferol, los cuales le proporcionan protección frente a la autooxidación lipídica”. (Nolasco, 2008)

Por la composición menor encontrada en grasa en estos productos y las bondades que presenta el uso de aceite de girasol conllevó a aumentar el porcentaje de ácidos grasos insaturados frente a los saturados; por lo que se puede catalogar al pan de molde y galleta fortificada producida como un producto saludable; además el uso del aceite en la formulación contribuyó con compuestos bioactivos, tales como polifenoles y antioxidantes naturales.

4.5.7. Evaluación estadística de cenizas del pan de molde y galleta fortificada

Tabla 45: Valores promedio de cenizas del pan de molde y galleta fortificada según diseño experimental

Tratamientos	HCMr (%)	AAs (ppm)	CzPM (%) ¹	CzGF (%) ¹
T1	3	80	2,92 ± 0,02	1,01 ± 0,04
T2	7	80	3,32 ± 0,02	1,06 ± 0,01
T3	3	220	3,08 ± 0,01	0,95 ± 0,02
T4	7	220	3,13 ± 0,02	0,99 ± 0,02
T5	2	150	2,97 ± 0,01	0,99 ± 0,02
T6	8	150	3,24 ± 0,03	1,08 ± 0,04
T7	5	50	3,14 ± 0,03	1,01 ± 0,01
T8	5	250	3,09 ± 0,02	0,84 ± 0,03
T9	5	150	3,16 ± 0,03	0,61 ± 0,02
T10	5	150	3,12 ± 0,02	0,82 ± 0,04
T11	5	150	3,11 ± 0,02	0,73 ± 0,04
Control	0	0	2,71 ± 0,03	0,53 ± 0,02

CzPM: Cenizas pan de molde, CzGF: Cenizas galleta fortificada

Fuente: ¹COLECBI S.A.C (Anexo 6)

4.5.7.1. Evaluación estadística de cenizas del pan de molde

La tabla 46 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, la variable HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal, también tuvo efecto significativo la interacción lineal HCMr y AAs sobre la respuesta **cenizas** del pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 31 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 del diseño experimental de la variable proteína ascendió a 93,40%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$) el valor r^2 fue de 86,79%, este valor expresa que el ajuste del modelo fue adecuado en virtud que este valor r^2 fue superior a 70%.

Tabla 46: Coeficientes de regresión para cenizas de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	3,124669	0,021865	142,9072	0,0000001
X₁(L)	0,168872	0,028653	5,8936	0,002
X₁(Q)	-0,020606	0,031568	-0,6527	0,542741
X₂(L)	-0,024485	0,024507	-0,9991	0,363615
X₂(Q)	-0,005802	0,017490	-0,3317	0,753538
X₁.X₂	-0,152549	0,038451	-3,9673	0,010665

X₁=Harina de cáscara de maracuyá, X₂=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 47, describe que el modelo para cenizas del pan de molde donde el término lineal HCMr y la interacción de ambas variables fue estadísticamente significativo (p<0,05), además el valor de r² fue de 0,8679, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 32).

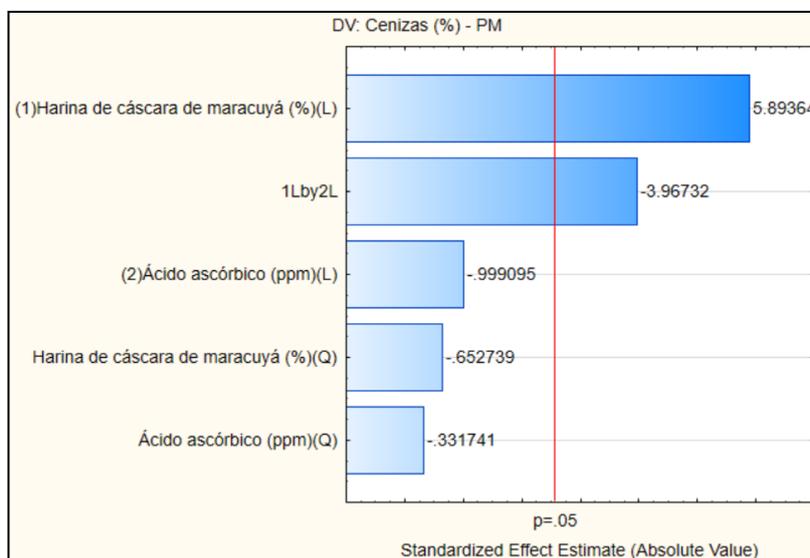


Figura 36: Diagrama de Pareto para la variable ceniza de pan de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Ceniza PM} = 3.125 - 0.169x_1 - 0.0206x_1^2 - 0.0245x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots \text{ (8)}$$

Tabla 47: ANOVA para variable respuesta ceniza de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,055706	1	0,055706	34,73507	0,002000
HCMr (%) (Q)	0,000683	1	0,000683	0,42607	0,542741
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,001601	1	0,001601	0,99819	0,363615
ÁAs (ppm) (Q)	0,000176	1	0,000176	0,11005	0,753538
1L by 2L	0,025242	1	0,025242	15,73959	0,010665
Error	0,008019	5	0,001604		
Total SS	0,121455	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico

Fuente: Statistica v. 12.0

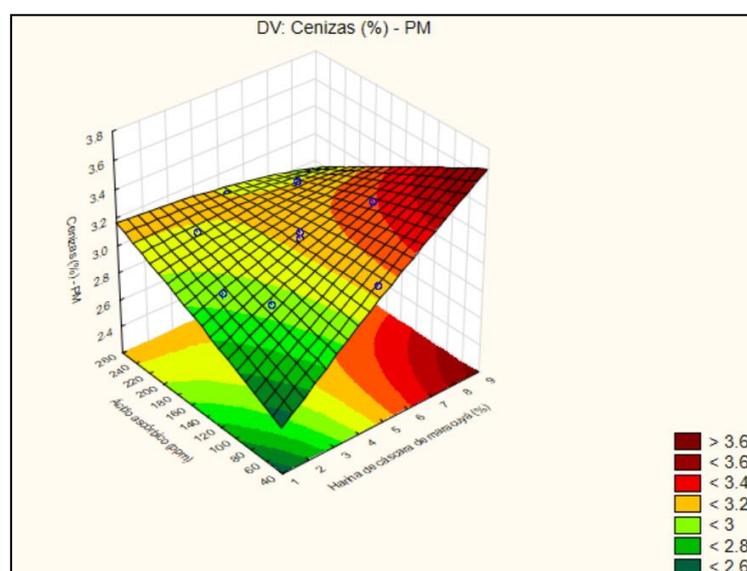


Figura 37: Superficie de respuesta de cenizas del pan de molde

En la figura 37 se observa que conforme aumenta la sustitución del pan de molde con HCMr aumenta el contenido de cenizas, esto se debe a la composición mayor en minerales de esta harina comparada con la harina de trigo (ver tabla 17 y 22). Según la Norma, RM N° 1020-2010/MINSA “el porcentaje de cenizas en pan de molde no debe exceder de 4%, en base seca”, los valores de cenizas de pan de molde en este estudio fluctuaron entre 2,92% (T1) y 3,32% (T2). Estos valores de cenizas encontrados se encuentran dentro de las exigencias normativas para este producto.

“Las sales minerales más predominantes en el pan de molde son el calcio, magnesio, sodio y potasio”. (Reyes et al., 2017).

4.5.7.2. Evaluación estadística de cenizas de la galleta fortificada

La tabla 48 presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, la variable HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término cuadrático, esto se pudo comprobar con el diagrama de Pareto (Figura 38). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 48: Coeficientes de regresión de variable cenizas de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	0,739613	0,054829	13,48935	<0,00001
X₁(L)	0,051345	0,071852	0,71460	0,506825
X₁(Q)	0,302581	0,079162	3,82231	0,012344
X₂(L)	-0,008555	0,061455	-0,13921	0,894720
X₂(Q)	0,100048	0,043859	2,28113	0,071437
X₁.X₂	-0,007538	0,096422	-0,07818	0,940720

X₁=Harina de cáscara de maracuyá, X₂=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de r^2 del diseño experimental de la variable cenizas fue de 77,14%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 54,29%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible determinar un modelo matemático para construir la superficie de respuesta.

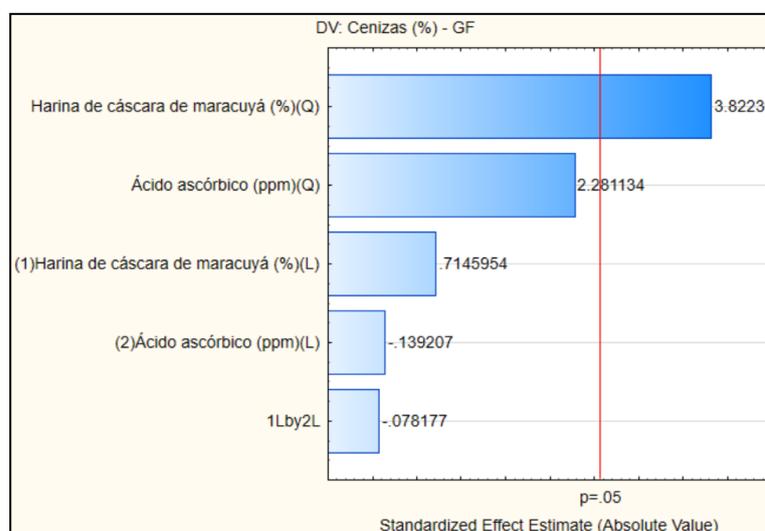


Figura 38: Diagrama de Pareto para la variable cenizas de galleta fortificada

El porcentaje de cenizas de la galleta fortificada no tuvo influencia al sustituir HCMr (2-8%) y adicionar AAs (50-250 ppm), no pudiéndose establecer un planteamiento matemático para construir la superficie de respuesta.

Según la Norma RM N° 1020-2010/MINSA el porcentaje de cenizas en galletas no debe exceder de 3%, e base seca, los valores de cenizas de galletas fortificadas en este estudio fluctuaron entre 0,61% (T9) a 1,06% (T2). Estos valores de cenizas encontrados se encuentran dentro de las exigencias normativas, catalogándose al producto con composición moderada en sales minerales.

Rentería (2014) refiere que en la maracuyá el contenido mineral que se encuentran en mayor proporción son el fósforo, magnesio, potasio, calcio y hierro y cumplen funciones vitales en el organismo humano, como mantener la presión osmótica, transporte de oxígeno por la sangre, forman la estructura de muchos tejidos, forman la estructura ósea para dar soporte al cuerpo, estas sales se encuentran en forma de ácidos y álcalis.

La sustitución con HCMr contribuyó en el valor nutricional del pan de molde y la galleta fortificada respecto al contenido de sales minerales, eso se comprobó en los valores encontrados con respecto al control.

En función a la evaluación proximal del pan de molde y galleta fortificada se puede catalogar al pan de molde y galleta fortificada obtenida como un producto saludable por encontrarse dentro de las normas exigidas, además al reemplazar en la formulación la grasa por aceite de girasol disminuyó el contenido de este compuesto en los productos obtenidos y también contribuir con mayor proporción de ácidos grasos insaturados en su composición, con estas cualidades se les pueden denominar como productos saludables.

4.5.8. Evaluación estadística del perfil de textura del pan de molde y galleta fortificada

4.5.8.1. Evaluación estadística del perfil de textura del pan de molde

Al igual que el contenido de humedad y grasa, las propiedades mecánicas juegan un rol importante en la textura de los productos de panificación durante el procesamiento, almacenaje, distribución y consumo final.

Tabla 49: Valores obtenidos del perfil de textura del pan de molde

TTs	HCMr (%)	AAsc (ppm)	Dureza (N)	Firmeza (N)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (mJ)
T1	3	80	4,42 ± 0,02	2,69 ± 0,04	8,71 ± 0,03	23,92 ± 0,05
T2	7	80	7,24 ± 0,03	3,56 ± 0,03	7,93 ± 0,05	29,37 ± 0,03
T3	3	220	4,23 ± 0,02	2,45 ± 0,03	8,65 ± 0,06	21,48 ± 0,03
T4	7	220	6,91 ± 0,01	3,71 ± 0,03	8,79 ± 0,05	31,15 ± 0,02
T5	2	150	3,78 ± 0,02	2,33 ± 0,01	8,86 ± 0,06	19,26 ± 0,02
T6	8	150	7,32 ± 0,03	4,07 ± 0,01	9,34 ± 0,03	32,14 ± 0,01
T7	5	50	4,36 ± 0,05	2,62 ± 0,02	9,05 ± 0,04	26,09 ± 0,03
T8	5	250	4,01 ± 0,04	2,49 ± 0,03	8,92 ± 0,02	22,46 ± 0,01
T9	5	150	3,46 ± 0,03	2,03 ± 0,02	8,73 ± 0,01	20,91 ± 0,03
T10	5	150	3,53 ± 0,06	2,11 ± 0,03	8,78 ± 0,02	21,07 ± 0,04
T11	5	150	3,49 ± 0,02	2,08 ± 0,05	8,76 ± 0,04	20,79 ± 0,06
Control	0	0	3,07 ± 0,01	2,39 ± 0,04	8,47 ± 0,06	18,65 ± 0,03

Fuente: Laboratorio de Análisis y composición de productos agroindustriales - UNS

Anexo 8

Dureza del pan de molde

La tabla 50 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, la variable independiente HCMr, mostró efecto estadístico significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 39 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Esto implica que la dureza del pan de molde se vio influenciado por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, a mayor adición de esta harina mayor fue la dureza.

Tabla 50: Coeficientes de regresión para respuesta dureza de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	3,483906	0,308150	11,30586	<0,0001
X₁(L)	0,780369	0,403819	3,86495	0,011821
X₁(Q)	1,964522	0,444904	4,41561	0,006920
X₂(L)	0,212519	0,345389	0,61530	0,565278
X₂(Q)	0,308742	0,246494	1,25253	0,265768
X₁.X₂	0,125705	0,541907	0,23197	0,825758

X₁=HCMr, x₂=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El valor de r^2 del diseño experimental de la variable dureza de pan de molde fue de 87,68%, excluyendo los términos sin significancia ($p>0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 75,36%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

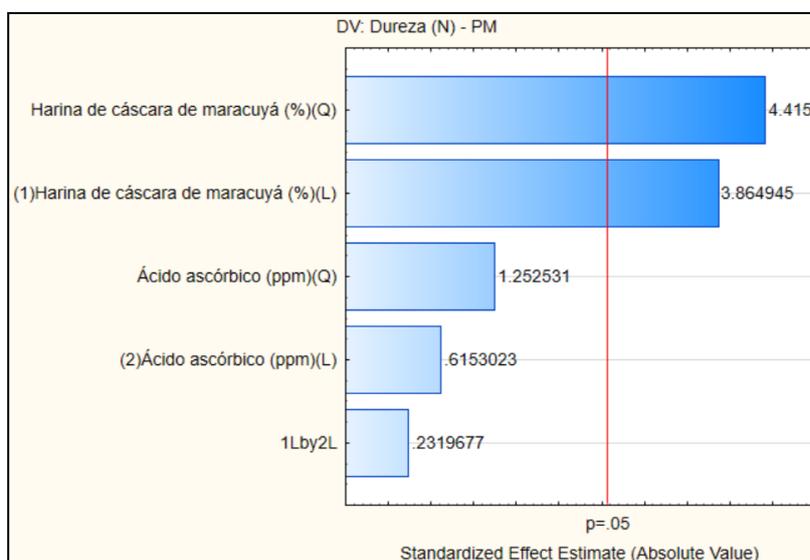


Figura 39: Diagrama de Pareto para la variable dureza de pan de molde

El análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 51, representa el modelo para la variable respuesta dureza del pan de molde donde el término lineal y cuadrático de la variable HCMr mostró evidencia estadística significativa ($p<0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7536 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 40).

Tabla 51: ANOVA para variable respuesta dureza de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	4,75827	1	4,758265	14,93780	0,011821
HCMr (%) (Q)	6,21075	1	6,210746	19,49763	0,006920
(2)AAs (ppm) (L)	0,12060	1	0,120598	0,37860	0,565278
AAs (ppm) (Q)	0,49973	1	0,499734	1,56883	0,265768
1L by 2L	0,01714	1	0,017140	0,05381	0,825758
Error	1,59269	5	0,318539		
Total SS	13,19918	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, AAs=ácido ascórbico
 Fuente: Statistica v. 12.0

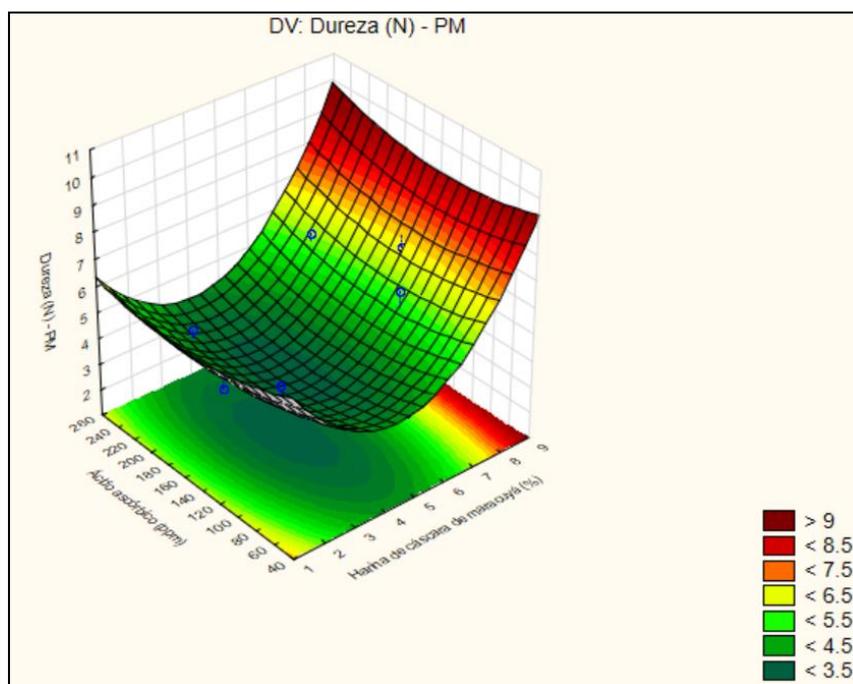


Figura 40: Superficie de respuesta para dureza de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Dureza PM} = 3.717 + 0.780x_1 + 1.964x_1^2 + 0.106x_2 + 0.309x_2^2 + 0.125x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (9)$$

La superficie de respuesta de la figura 40 precisa la optimización del valor mínimo de la dureza del pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de

HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr un pan de molde con el menor valor de dureza.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (8) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (harina de cáscara de maracuyá):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.78 + 3.93x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.20$$

Para el caso de la variable x_2 (ácido ascórbico):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.106 + 0.618x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.17$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, por tanto se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Los porcentajes para que el pan de molde presente mínimo valor de dureza serían de 4,6% de HCMr y 144,9 ppm de AAs. Estos resultados se pueden observar en la figura 38. Acevedo *et al.*, (2014) precisan que “la dureza es la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada, y es la máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión”.

Acosta (2013) refiere que si la sustitución con más de 15% de harinas fibrosas en el pan generan valores de dureza mayores a 10N, por lo que recomienda que se debe tener cuidado en la dureza del pan para que los mismos no presenten dureza similar a las galletas por lo que las pruebas sensoriales son las que determinan si aprueban el atributo textura por medio de jueces.

Conforme aumenta la sustitución mayores son los valores de dureza, Bajaña y Setti (2015) afirman que “por cada unidad de sustitución con harinas sucedáneas implica un aumento en la fuerza para la deformación del pan”. Esto se corroboró en este trabajo, por lo que la HCMr no presenta gluten, entonces, el pan obtenido presenta la masa más dura o resistente conforme aumenta la sustitución.

Firmeza del pan de molde

En la tabla 52 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que ambas variables, HCMr y AAs, tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 41 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 52: Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	2,079543	0,194125	10,71237	<0,0001
X₁(L)	0,518210	0,254394	4,07408	0,009595
X₁(Q)	1,018161	0,280276	3,63271	0,015018
X₂(L)	0,097857	0,217585	0,44974	0,671722
X₂(Q)	0,281226	0,155284	1,81104	0,129898
X₁.X₂	0,066432	0,341385	0,19459	0,853370

X₁=Harina de cáscara de maracuyá, X₂=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

La firmeza del pan de molde se vio influenciada por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el diseño experimental de la variable firmeza de pan de molde fue de 86,12%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 72,24%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

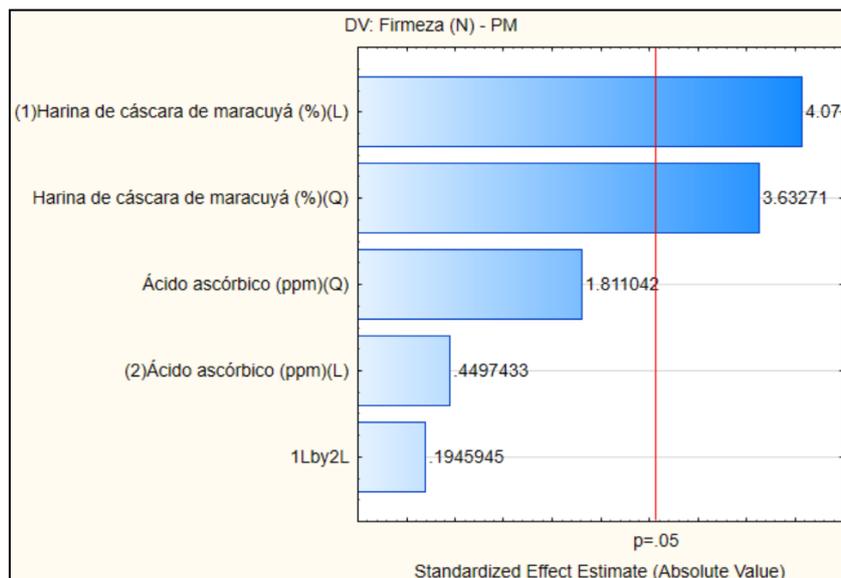


Figura 41: Diagrama de Pareto para la variable firmeza de pan de molde

La tabla 53 muestra el análisis de varianza donde describe el modelo para la variable respuesta firmeza del pan de molde visualizándose el término lineal y cuadrático, HCMr con significancia estadística ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7224 mayor a 70%, pudiéndose realizar la representación de la superficie de respuesta (figura 40).

Tabla 53: ANOVA para variable respuesta firmeza de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%)(L)	2,098269	1	2,098269	16,59816	0,009595
HCMr (%)(Q)	1,668256	1	1,668256	13,19658	0,015018
(2)ÁAs (ppm)(L)	0,025570	1	0,025570	0,20227	0,671722
ÁAs (ppm)(Q)	0,414628	1	0,414628	3,27987	0,129898
1L by 2L	0,004787	1	0,004787	0,03787	0,853370
Error	0,632079	5	0,126416		
Total SS	4,843589	10			

Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo matemático expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Firmeza PM} = 2,079 + 0,518x_1 + 1,018x_1^2 + 0,0978x_2 + 0,281x_2^2 + 0,066x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (10)$$

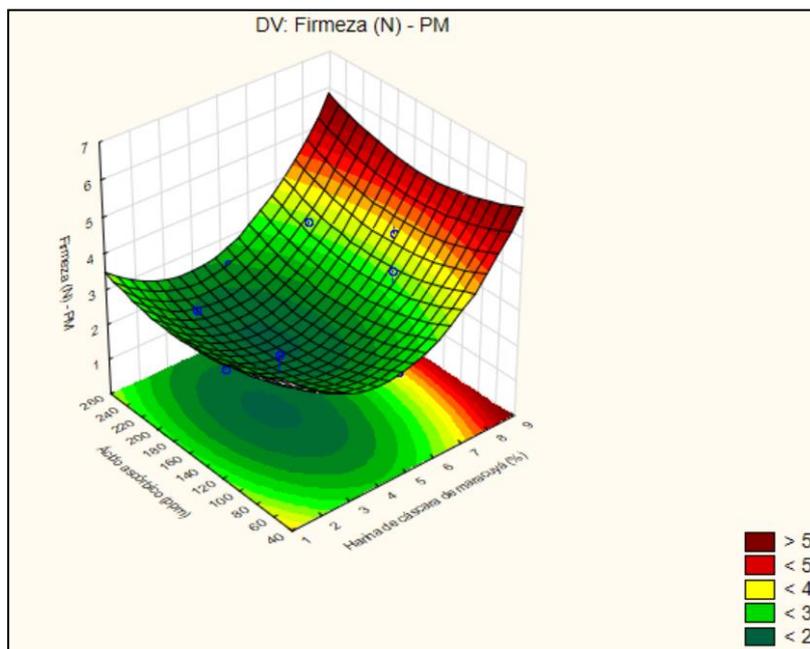


Figura 42: Superficie de respuesta para firmeza de los panes de molde

La gráfica de superficie de respuesta de la figura 40 precisa la optimización del valor mínimo de la firmeza del pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe emplear para lograr un pan de molde con el menor valor de firmeza.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (9) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.518 + 2.036x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.25$$

Para la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.0978 + 0.562x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.17$$

Las variables x_1 y x_2 son valores codificados, por tanto se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Los porcentajes para que el pan de molde presente mínimo valor de firmeza fueron de 4,5% de HCMr y 144,9 ppm de AAs. Esto se puede corroborar en la figura 40.

“La estructura y la firmeza del pan durante las primeras horas después del horneado están dadas por la retrogradación o gelificación de la amilosa solubilizada”. “La amilosa gelificada forma una red continua rodeando los gránulos de almidón hinchados y deformes”. (Eliasson y Larsson, 1993 citado por Acosta, 2013).

Según Ahlborn et al., (2005) citado en García, (2021), “la firmeza es un factor relevante en productos de panificación porque está fuertemente correlacionado con la percepción de los consumidores sobre la frescura del pan”.

“Los principales cambios que se dan después del horneado son la redistribución de la humedad, la retrogradación del almidón, aumento de la firmeza y pérdida de aroma y sabor” (Quail 1996 citado en García, 2021).

Esto se pudo corroborar en este estudio, dado que a mayor sustitución con HCMr mayor fue la firmeza del pan, por carencia de almidón de esta harina.

Elasticidad de pan de molde

En la tabla 54 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que ningún término, tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$), esto quedó demostrada en la figura 43 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable grasa fue de 19,022% muy inferior a 70%.

Tabla 54: Coeficientes de regresión de la respuesta elasticidad de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	8,623955	0,236597	36,44997	<0,00001
X₁(L)	0,041085	0,155025	0,26502	0,801574
X₁(Q)	0,105302	0,170798	0,61653	0,564529
X₂(L)	0,044076	0,132594	0,33241	0,753062
X₂(Q)	0,067442	0,094629	0,71270	0,507899
X₁.X₂	0,149566	0,208037	0,71894	0,504366

X1=Harina de cáscara de maracuyá, X2=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

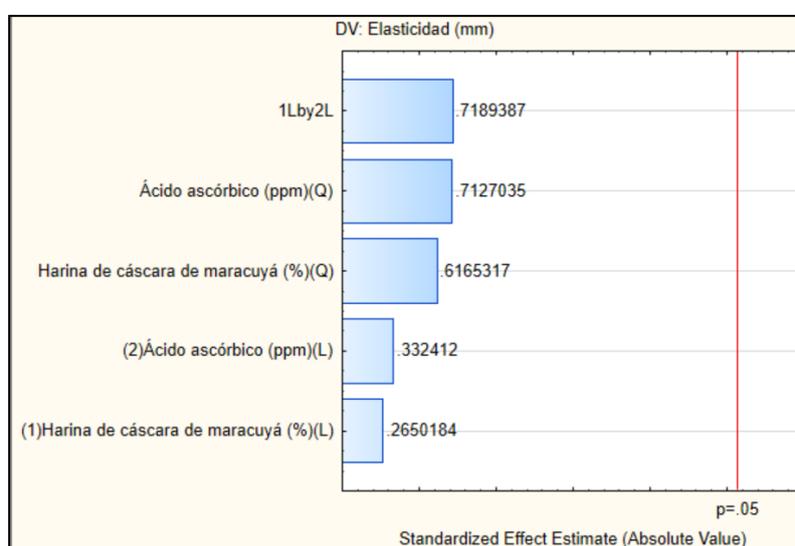


Figura 43: Diagrama de Pareto para la variable elasticidad de pan de molde

Esto comprueba que la variable respuesta elasticidad no se vio influenciada en el pan de molde con la sustitución con HCMr (2-8%) y la adición de AAs (50-250 ppm).

“La elasticidad se define como el grado en el que un alimento recupera su forma original después de haber sido comprimido por los dientes” (CIAL 2011).

Según Acosta (2013) “la elasticidad es la capacidad de la masa de recobrar su posición original tras una deformación”.

“El gluten es responsable de la elasticidad de la masa de harina, debido a la presencia de las gliadinas y gluteninas, lo que permite su fermentación, así como

la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas”. (Arroyave y Esguerra 2006).

Por tanto, la elasticidad está asociada al tipo de harina utilizada y al porcentaje de sustitución utilizada en la producción de panes, en este caso los porcentajes utilizados de sustitución de HCMr no influyeron sobre esta variable, ya que todos los tratamientos son similares estadísticamente y se diferencien ligeramente con el control.

Masticabilidad de pan de molde

En la tabla 55 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable HCMr tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático la variable AAs no tuvo efecto significativo estadístico en ninguno de los términos. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 44 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 55: Coeficientes de regresión de la respuesta masticabilidad de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	20.04257	1.289867	15.53848	0.000020
X₁(L)	4.03965	1.690319	4.77975	0.004972
X₁(Q)	7.19282	1.862294	3.86235	0.011852
X₂(L)	0.62785	1.445743	0.83388	0.442352
X₂(Q)	1.78659	1.031785	1.73155	0.143903
X₁.X₂	1.90228	2.268335	0.83862	0.439920

X₁=Harina de cáscara de maracuyá, X₂=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

La masticabilidad del pan de molde se vio influenciada por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, a mayor sustitución con esta harina mayor fue la

masticabilidad. El valor de r^2 para el diseño experimental de la variable respuesta masticabilidad fue de 90,212%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$) el valor r^2 fue de 80,423%, este valor expresa que el ajuste del modelo fue adecuado en virtud que este valor r^2 fue superior a 70%.

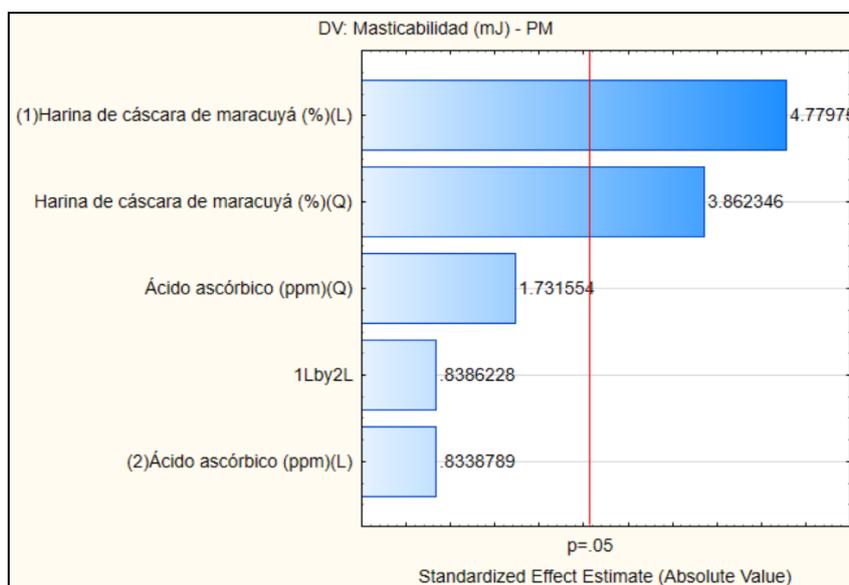


Figura 44: Diagrama de Pareto para la variable masticabilidad de pan de molde

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 56, describe el modelo para la variable respuesta masticabilidad del pan de molde el término lineal y cuadrático harina de cáscara de maracuyá con significancia estadística ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7687 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 43).

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Masticabilidad PM} = 20.042 + 4.04x_1 + 7.193x_1^2 + 1.205x_2 + 1.786x_2^2 + 1.902x_1 \cdot x_2 \dots\dots (11)$$

Tabla 56: ANOVA para variable respuesta masticabilidad de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr(%) (L)	127,5079	1	127,5079	22,84602	0,004972
HCMr (%) (Q)	83,2585	1	83,2585	14,91772	0,011852
(2)AAs (ppm) (L)	3,8809	1	3,8809	0,69535	0,442352
ÁAs (ppm) (Q)	16,7340	1	16,7340	2,99828	0,143903
1L * 2L	3,9252	1	3,9252	0,70329	0,439920
Error	27,9059	5	5,5812		
Total SS	263,2124	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

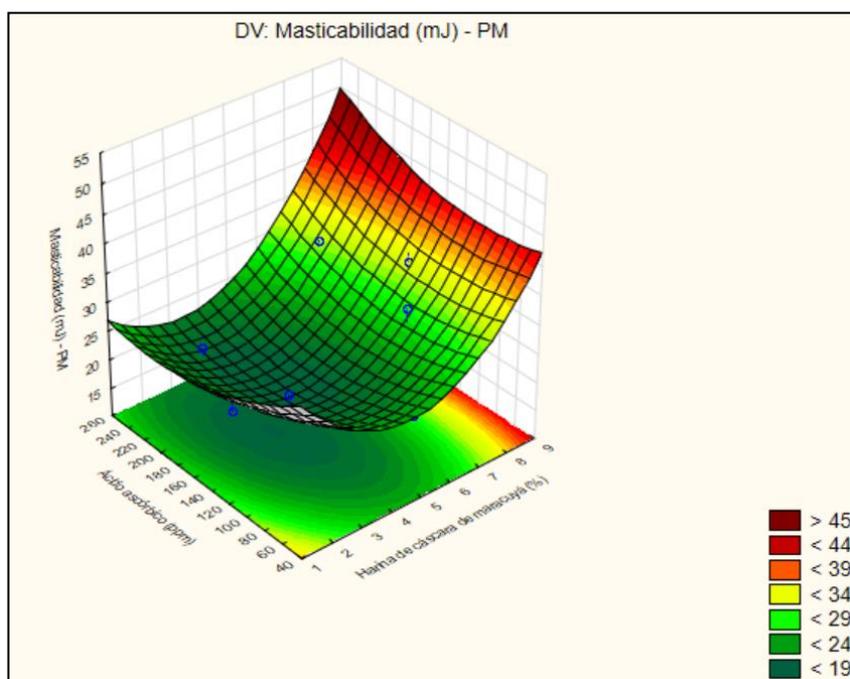


Figura 45: Superficie de respuesta para masticabilidad de los panes de molde

La superficie de respuesta de la figura 45 indica la optimización del valor mínimo de la masticabilidad del pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe emplear para lograr un pan de molde con el menor valor de masticabilidad.

Para dichas concentraciones derivamos la ecuación (10) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 4.04 + 14.386x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.28$$

Para la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.628 + 3.572x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.17$$

Las variables x_1 y x_2 son valores codificados, por tanto se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Los porcentajes para que el pan de molde presente mínimo valor de masticabilidad fueron de 4,44% de HCMr y 144,9 ppm de AAs. Esto se puede corroborar en la figura 45.

“La masticabilidad representa el trabajo necesario para desintegrar las muestras de pan hasta que esté listo para ser deglutido”. (Franco y Hernández, 2016).

La textura experimental del pan es la consecuencia de la homogeneidad entre los diferentes componentes de la masa y los procesos tecnológicos ejercidos en su obtención (tanto mecánico y térmico).

“La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad”. Poinot (2008) citado en Acosta (2013).

“El envejecimiento del pan se relaciona principalmente a la retrogradación del almidón, intervienen factores como el transporte del agua, cambios en la firmeza de la red de gluten y las interacciones entre sus componentes, resaltando el aumento de la firmeza del pan”. Lassoued (2008) citado en Acosta (2013).

4.5.8.2. Evaluación estadística del perfil de textura de la galleta fortificada

Jang et al., (2016) argumentan que la dureza y la fracturabilidad son características importantes de la textura instrumental en galletas, por ello se determinó el análisis de dureza y fracturabilidad en las galletas fortificadas según el diseño planteado.

Tabla 57: Valores del perfil de textura de la galleta fortificada

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)
T1	3	80	21.67 ± 0,11	13.59 ± 0,14
T2	7	80	23.34 ± 0,12	15.43 ± 0,11
T3	3	220	22.01 ± 0,09	14.01 ± 0,10
T4	7	220	23.07 ± 0,08	15.12 ± 0,09
T5	2	150	21.93 ± 0,07	13.47 ± 0,08
T6	8	150	23.88 ± 0,11	15.83 ± 0,09
T7	5	50	21.57 ± 0,13	13.29 ± 0,11
T8	5	250	21.06 ± 0,11	13.36 ± 0,13
T9	5	150	20.23 ± 0,10	12.42 ± 0,11
T10	5	150	20.26 ± 0,09	12.47 ± 0,09
T11	5	150	20.31 ± 0,06	12.41 ± 0,14
Control	0	0	19,44 ± 0,14	12.23 ± 0,10

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAs: ácido ascórbico

Fuente: Laboratorio de Análisis y composición de productos agroindustriales - UNS

Dureza de la galleta fortificada

En la tabla 58 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal. La significancia de la variable estudiada se muestra en la figura 46 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 58: Coeficientes de regresión para respuesta dureza de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	20.48102	0.317431	64.52124	0.000000
x1(L)	0.63687	0.415980	3.06200	0.028038
x1(Q)	2.55304	0.458302	5.57064	0.002567
x2(L)	0.26248	0.355791	0.73773	0.493825
x2(Q)	0.54205	0.253918	2.13475	0.085886
x1.x2	-0.26849	0.558227	-0.48097	0.650845

x1=Harina de cáscara de maracuyá, x2=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Esto demuestra que la dureza de la galleta fortificada tuvo influencia por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, a mayor sustitución con HCMr mayor fue la dureza. El valor de r^2 para el diseño experimental de esta variable respuesta asciende a 89,45%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 78,91%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

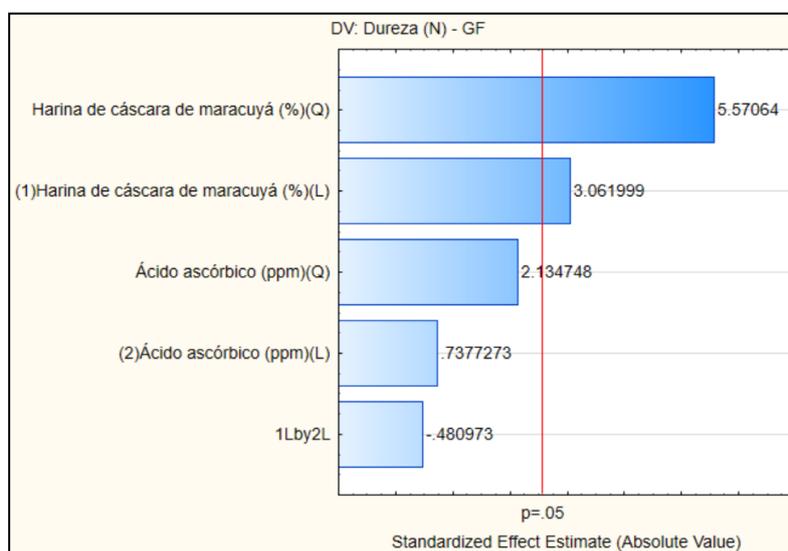


Figura 46: Diagrama de Pareto para la variable dureza de galleta fortificada

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 59, representa el modelo para la variable respuesta “dureza” donde el término lineal HCMr presenta evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8593 mayor a 70%, permitiendo la construcción de la superficie de respuesta (figura 45).

Tabla 59: ANOVA para variable respuesta dureza de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	3,16916	1	3,16916	9,37584	0,028038
HCMr (%) (Q)	10,48925	1	10,48925	31,03203	0,002567
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,18396	1	0,18396	0,54424	0.493825
ÁAs (ppm) (Q)	1,54038	1	1,54038	4,55715	0.085886
1L by 2L	0,07819	1	0,07819	0,23134	0.650845
Error	1,69007	5	0,33801		
Total SS	17,1501	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la siguiente ecuación.

$$\text{Dureza GF} = 20.48 + 0.637x_1 + 2.553x_1^2 + 0.262x_2 + 0.542x_2^2 - 0.268x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (12)$$

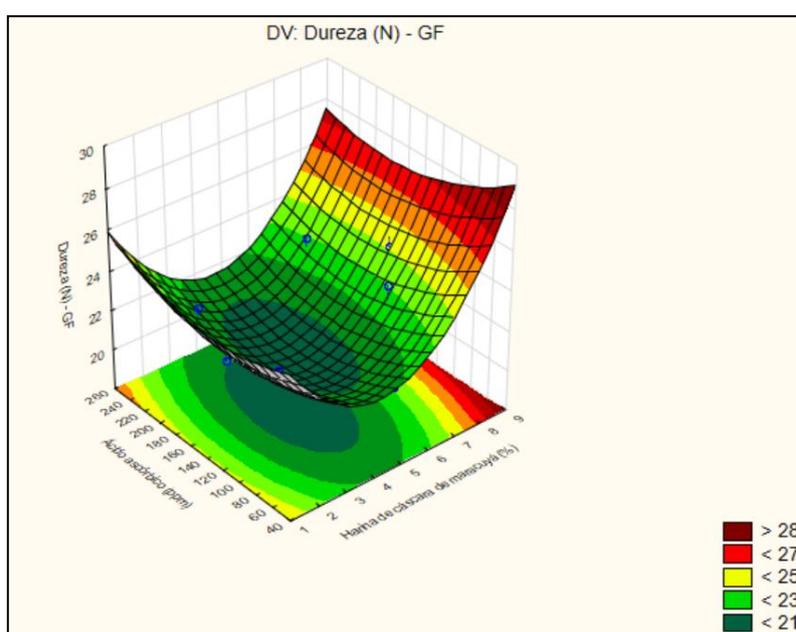


Figura 47: Superficie de respuesta para dureza de galleta fortificada

La superficie de respuesta de la figura 47 precisa la optimización del valor mínimo de la dureza de galleta fortificada, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr obtener una galleta fortificada con el menor valor de dureza.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (11) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.637 + 5.10x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.12$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.262 + 1.084x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.24$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, por tanto se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Los valores para que la galleta fortificada presente mínimo valor de dureza fueron de 4,76% de HCMr y 142,8 ppm de AAs. Esto se puede corroborar en la figura 45. Rizello et al., (2014) citado en Moreno (2017) refiere que “la dureza expresa la fuerza que realiza la prensa en la etapa inicial de deformación, con el cual el producto se desmorona, cruje o se revienta”.

Penfield y Campbell, (1990) precisaron que “las galletas son tiernas y crujientes puesto que se produce poco o nada de gelatinización del almidón y el azúcar”.

Fracturabilidad de la galleta fortificada

En la tabla 60 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, se observa que la variable HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático para la respuesta fracturabilidad de la galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 48 (Diagrama de Pareto ()). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 60: Coeficientes de regresión para la respuesta fracturabilidad de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	12,71219	0,335562	37,88323	<0,00001
x1(L)	0,72587	0,439741	3,30134	0,021444
x1(Q)	2,17320	0,484481	4,48562	0,006485
x2(L)	0,20813	0,376114	1,10672	0,318796
x2(Q)	0,44399	0,268422	1,65409	0,159015
X1.X2	-0,35569	0,590114	-0,60276	0,572964

X1=Harina de cáscara de maracuyá, X2=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

La fracturabilidad de la galleta fortificada estuvo influenciada por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, a mayor adición de harina de cáscara de maracuyá mayor fue el valor de fracturabilidad. El valor de r^2 para el delineamiento experimental para esta variable fue 89,738%, excluyendo los términos no significativos ($p>0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 79,475%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por presentar un valor superior a 70%.

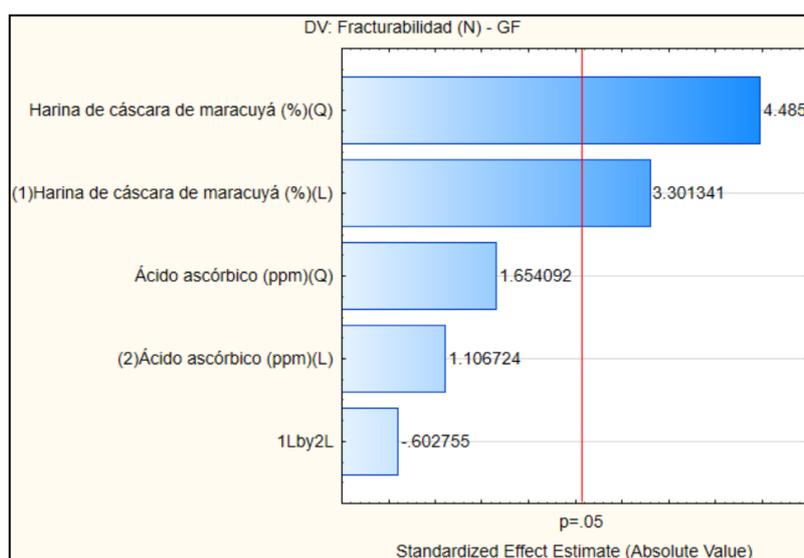


Figura 48: Diagrama de Pareto para fracturabilidad de galleta fortificada

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 61, describe el modelo para la variable respuesta fracturabilidad del pan de molde el término lineal y cuadrático

HCMr con significancia estadística ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8973 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 47).

Tabla 61: ANOVA para variable respuesta fracturabilidad de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	4,11684	1	4,116839	10,89885	0,021444
HCMr (%) (Q)	7,60025	1	7,600254	20,12079	0,006485
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,46266	1	0,462660	1,22484	0,318796
ÁAs (ppm) (Q)	1,03348	1	1,033481	2,73602	0,159015
1L * 2L	0,13724	1	0,137235	0,36331	0,572964
Error	1,88866	5	0,377731		
Total SS	15,23913	10			

Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Fracturabilidad GF} = 12,712 + 0,726x_1 + 2,173x_1^2 + 0,208x_2 + 0,444x_2^2 - 0,355x_1 \cdot x_2 \dots \quad (13)$$

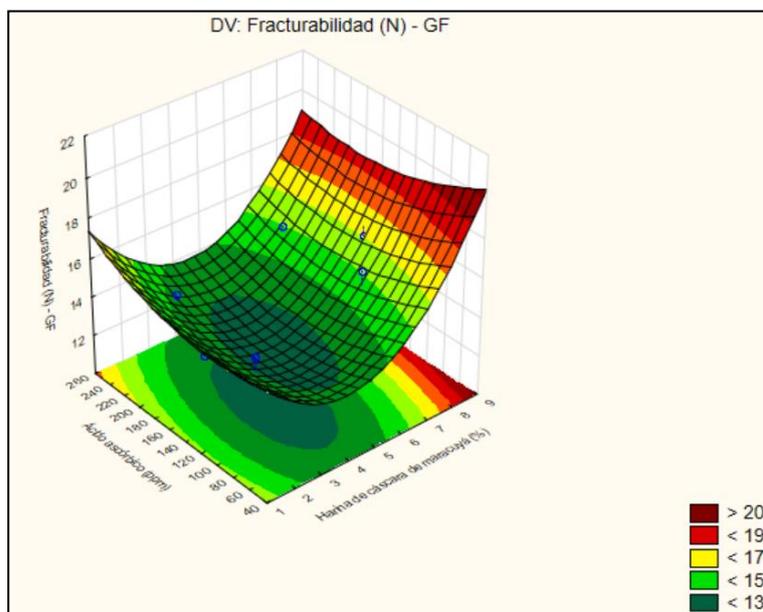


Figura 49: Superficie de respuesta para fracturabilidad de galleta fortificada

La gráfica de superficie de respuesta de la figura 49 expresa la optimización del

valor mínimo de la fracturabilidad de galleta fortificada, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe emplear para lograr un pan de molde con el menor valor de fracturabilidad.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (12) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.726 + 4.346x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.17$$

Para la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.208 + 0.888x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.23$$

Las variables x_1 y x_2 son valores codificados, por tanto se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Los valores para que la galleta fortificada presente mínimo valor de fracturabilidad fueron de 4,66% de HCMr y 143,1 ppm de AAs. Esto se puede comprobar en la figura 47.

Las características de textura de las galletas fortificadas con HCMr podrían ser relacionadas al proceso de elaboración, horneado, los ingredientes utilizados y a la variabilidad de la composición proximal, en especial el contenido de humedad.

Las galletas fortificadas con la harina estudiada y por ser un producto horneado presentó una conformación con poca humedad que le confirió a ser muy resistentes, duras, rígidas y compactas. Valores semejantes encontraron Barrera et al. (2012) y Gani et al. (2014), en galletas horneadas, quienes indicaron que “dentro de los factores que más contribuyeron e influyeron en los parámetros texturales están la gelatinización de los almidones, la reducción de humedad del producto durante el tratamiento térmico, la desnaturalización de las proteínas y la cristalización del azúcar con la temperatura de horneado”

De simas et al., (2009) “evaluaron el perfil de textura en galletas horneadas y encontraron que las muestras cuyo contenido de humedad fue mayor se fracturaron más fácilmente; mientras que las de menor humedad fueron más duras”.

4.5.9. Evaluación estadística de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS) del pan de molde y galleta fortificada

4.5.9.1. Evaluación estadística FDT, FDI y FDS del pan de molde

En la tabla 62 se muestra los resultados de la FDT, FDI y FDS de los panes de molde según el diseño experimental planteado.

Tabla 62: Valores FDT, FDI y FDS del pan de molde

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	FDT (%)	FDI (%)	FDS (%)
T1	3	80	4,22 ± 0,02	2,66 ± 0,06	1,56 ± 0,01
T2	7	80	6,61 ± 0,03	4,02 ± 0,03	2,59 ± 0,01
T3	3	220	4,16 ± 0,01	2,51 ± 0,04	1,65 ± 0,02
T4	7	220	6,69 ± 0,05	4,09 ± 0,05	2,60 ± 0,03
T5	2	150	4,03 ± 0,04	2,65 ± 0,03	1,38 ± 0,02
T6	8	150	7,98 ± 0,03	4,69 ± 0,01	3,29 ± 0,05
T7	5	50	6,13 ± 0,05	3,95 ± 0,05	2,18 ± 0,02
T8	5	250	6,22 ± 0,06	4,01 ± 0,06	2,21 ± 0,01
T9	5	150	6,06 ± 0,03	3,89 ± 0,05	2,17 ± 0,01
T10	5	150	5,94 ± 0,02	3,84 ± 0,04	2,10 ± 0,04
T11	5	150	5,91 ± 0,04	3,87 ± 0,03	2,04 ± 0,03
Control	0	0	1,37 ± 0,01	0,88 ± 0,02	0,49 ± 0,01

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAsc: ácido ascórbico

Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial – UNS

Fibra dietética total (FDT) en pan de molde

En la tabla 63 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal para la FDT de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 50 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x1) y AAs (x2). La repetitividad del diseño fue

buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11). El valor de r^2 para el diseño experimental de la respuesta FDT de pan de molde asciende a 93,556%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 87,112%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

Tabla 63: Coeficientes de regresión para respuesta FDT de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	5,823504	0,239274	24,33821	<0,00001
X1(L)	2,558265	0,313559	8,15879	0,000449
X1(Q)	-0,139085	0,345461	-0,40261	0,703873
X2(L)	-0,028753	0,268190	-0,10721	0,918790
X2(Q)	0,067425	0,191399	0,35228	0,738994
X1.X2	0,030694	0,420783	0,07295	0,944678

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Con esto se demuestra que la FDT del pan de molde se vio influenciado por la sustitución de harina de cascara de maracuyá y no por la adición de ácido ascórbico, a mayor adición de harina de cáscara de maracuyá mayor fue la FDT.

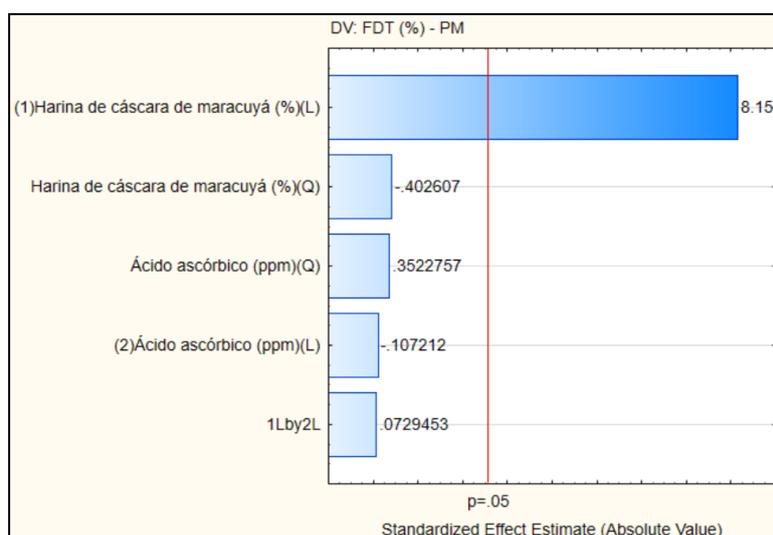


Figura 50: Diagrama de Pareto para la respuesta FDT de pan de molde

Tabla 64: ANOVA para variable respuesta FDT de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	12,78439	1	12,78439	66,56590	0,000449
HCMr (%) (Q)	0,03113	1	0,03113	0,16209	0,703873
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,00221	1	0,00221	0,01149	0,918790
ÁAs (ppm) (Q)	0,02383	1	0,02383	0,12410	0,738994
1L * 2L	0,00102	1	0,00102	0,00532	0,944678
Error	0,96028	5	0,19206		
Total SS	13,80286	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 64, representa el modelo para la variable respuesta FDT del pan de molde el término lineal HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8711 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 51).

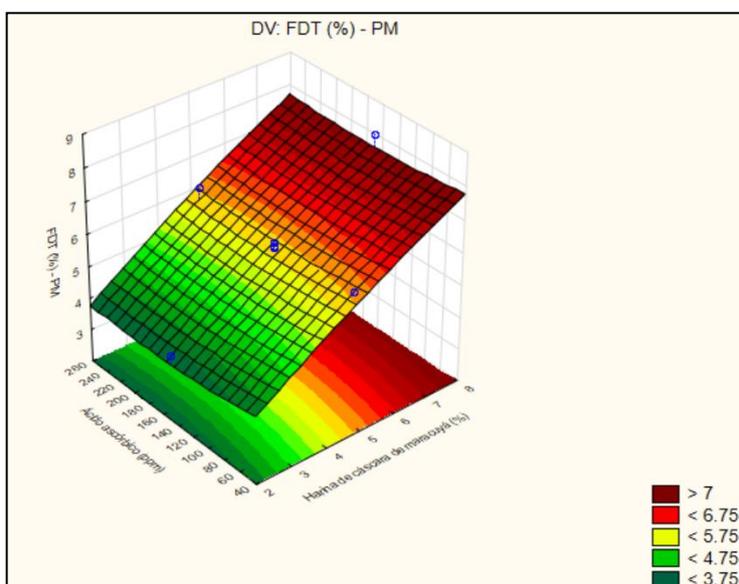


Figura 51: Superficie de respuesta para FDT de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{FDT (PM)} = 5.823 + 2.5582x_1 - 0.139x_1^2 - 0.0287x_2 + 0.067x_2^2 + 0.0306x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (14)$$

La superficie de respuesta de la figura 51, muestra que la adición de AAs (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDT; y con la sustitución con HCMr en el pan de molde mostraron valores de FDT entre 4,03% (T5) y 7,98% (T6). Estos valores FDT encontrados califican a este producto como rico en fibra, por tener valores mayor a 3%.

Fibra dietética insoluble (FDI) en pan de molde

En la tabla 65 se observa que los valores de fibra dietética insoluble fluctuaron entre 2 y 4%. Los tratamientos T9, T10 y T11 como puntos centrales presentaron valores cercanos demostrando la aleatorización del trabajo.

En la tabla 62 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes evaluadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto altamente significativo ($p < 0,05$) en el término lineal para la FDI de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 52). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2).

El valor de coeficiente de regresión (r^2); para el delineamiento experimental de la variable estudiada asciende a **88,62%**. Este valor expresa el adecuado ajuste del modelo, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado fue de **77,24%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

Queda comprobada que la FDI del pan de molde estuvo influenciada por la sustitución parcial con HCMr y no por la adición de AAs, porque a mayor sustitución con HCMr mayor fue la FDI.

Tabla 65: Coeficientes de regresión para respuesta FDI de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	3,749338	0,185168	20,24828	0,000005
X1(L)	1,437787	0,242656	5,92522	0,001953
X1(Q)	-0,309779	0,267344	-1,15873	0,298897
X2(L)	-0,055805	0,207545	-0,26888	0,798762
X2(Q)	0,026785	0,148119	0,18084	0,863597
X1.X2	0,122885	0,325633	0,37737	0,721384

X1=Harina de cáscara de maracuyá, X2=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

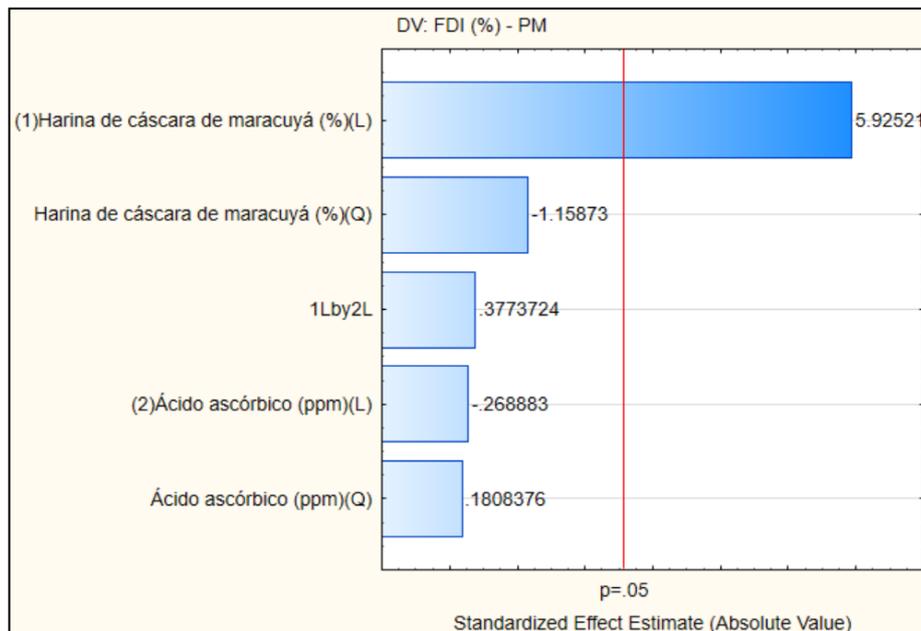


Figura 52: Diagrama de Pareto para la respuesta FDI de pan de molde

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 66, representa el modelo para la variable respuesta FDI del pan de molde el término lineal HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7724 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 49).

Tabla 66: ANOVA para variable respuesta FDI de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	4,038111	1	4,038111	35,10821	0,001953
HCMr (%) (Q)	0,154431	1	0,154431	1,34265	0,298897
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,008316	1	0,008316	0,07230	0,798762
ÁAs (ppm) (Q)	0,003761	1	0,003761	0,03270	0,863597
1L * 2L	0,016380	1	0,016380	0,14241	0,721384
Error	0,575095	5	0,115019		
Total SS	4,796094	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

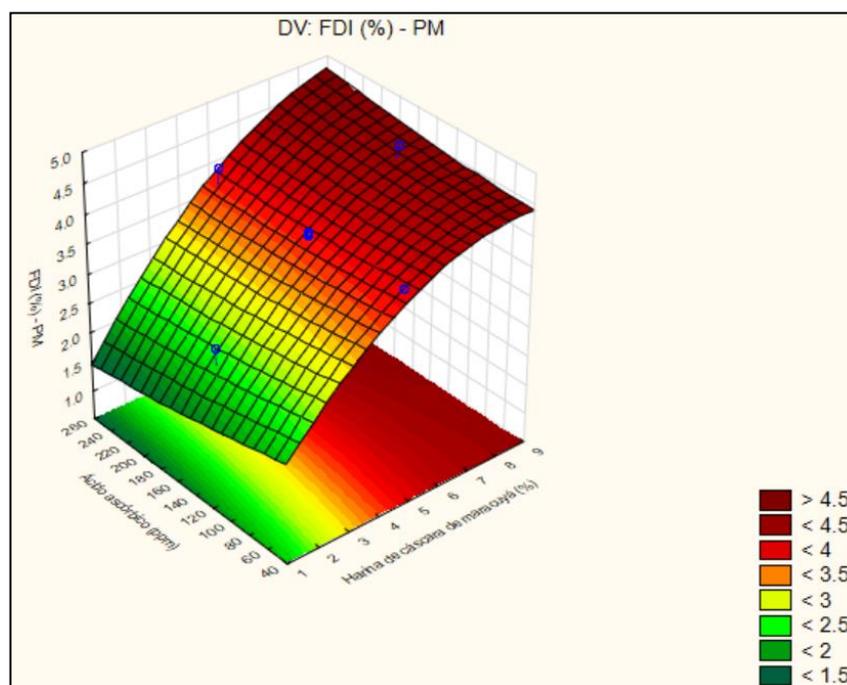


Figura 53: Superficie de respuesta para FDI de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se diseñó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente, esto implica que la FDI puede ser estimada en función de la HCMr en los niveles empleado en este trabajo.

$$FDI (PM) = 3.749 + 1.437x_1 - 0.309x_1^2 - 0.0558x_2 + 0.0267x_2^2 + 0.123x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (15)$$

La superficie de respuesta de la figura 53, muestra que la adición de AAs (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDI; y con la sustitución de HCMr en el pan de molde mostraron valores de FDI entre 2,51% (T3) y 4,69% (T6).

Fibra dietética soluble (FDS) en pan de molde

En la tabla 67 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto altamente significativo ($p < 0,05$) en el término lineal para la FDS de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 54 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). Los tratamientos T9, T10 y T11 como puntos centrales o repeticiones presentaron valores cercanos demostrando la aleatorización del trabajo.

El valor de coeficiente de regresión (r^2); para el diseño experimental de la variable estudiada ascendió a **97,01%**. Este valor expresa el adecuado ajuste del modelo, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado fue de **94,03%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

Tabla 67: Coeficientes de regresión para respuesta FDS de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	2,074166	0,071896	28,84943	<0,000001
X1(L)	1,120477	0,094217	11,89249	0,000074
X1(Q)	0,170694	0,103803	1,64440	0,161013
X2(L)	0,027052	0,080585	0,33570	0,750724
X2(Q)	0,040640	0,057511	0,70664	0,511348
X1.X2	-0,092191	0,126435	-0,72915	0,498615

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Comprobándose que la FDS del pan de molde tuvo influencia estadística significativa por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, porque a mayor sustitución con HCMr mayor fue la FDS.

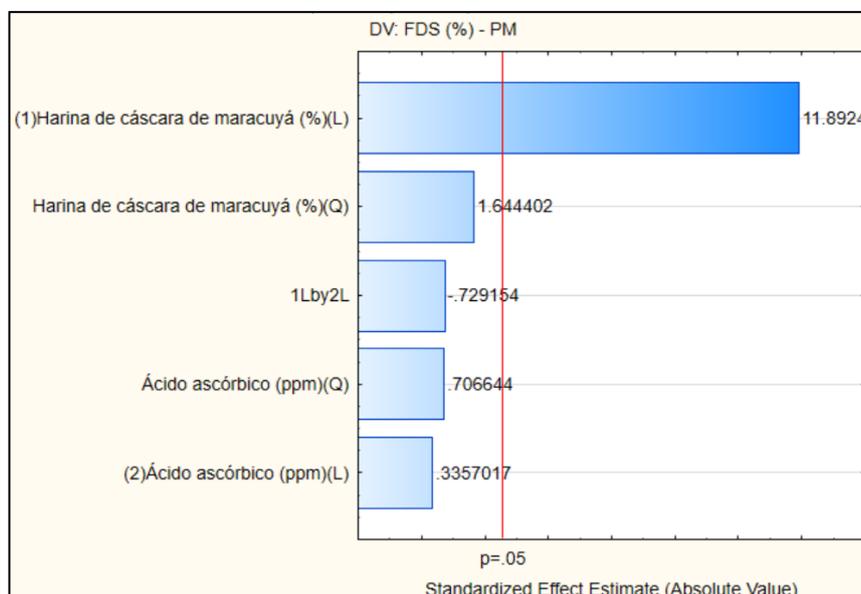


Figura 54: Diagrama de Pareto para la respuesta FDS de pan de molde

Tabla 68: ANOVA para variable respuesta FDS de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	2,452421	1	2,452421	141,4314	0,000074
HCMr (%) (Q)	0,046888	1	0,046888	2,7041	0,161013
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,001954	1	0,001954	0,1127	0,750724
ÁAs (ppm) (Q)	0,008659	1	0,008659	0,4993	0,511348
1L * 2L	0,009219	1	0,009219	0,5317	0,498615
Error	0,086700	5	0,017340		
Total SS	2,605841				

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 68, expresa el modelo para la variable respuesta FDS del pan de molde para el término lineal HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9403 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 49).

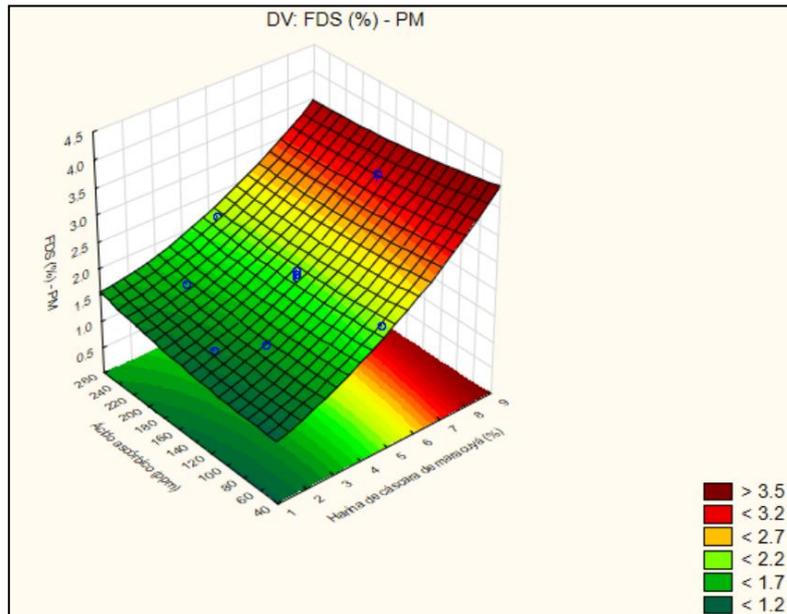


Figura 55: Superficie de respuesta para FDS de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se diseñó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente, esto implica que la FDS puede ser estimada matemáticamente en función de la HCMr en los niveles empleado en este trabajo.

$$\text{FDS (PM)} = 2,0741 + 1,12x_1 + 0,17x_1^2 + 0,027x_2 + 0,0406x_2^2 - 0,092x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (16)$$

La superficie de respuesta de la figura 55, muestra que la adición de ácido ascórbico (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDS; y con la sustitución de HCMr en el pan de molde mostraron valores de FDS entre 1,38% (T5) y 3,28% (T6).

Según el Codex Alimentarius (2010), describe que “la fibra dietaria son polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos”.

El consumo de fibra en el Perú es de 50 % de lo recomendado (Lázaro y Domínguez, 2019), lo que abre una buena alternativa para de desarrollar productos con elevado contenido de fibra que conlleven a solucionar múltiples problemas nutricionales y de salud.

Según Escudero y González, (2006) “la fibra participa en todas las funciones del sistema digestivo, desde la masticación hasta la evacuación de las heces”.

Jones (2013) refiere que “la fibra dietaria proporciona mejoras en el intestino (laxación, mejor tránsito y fermentación), control glicémico (glucosa en la sangre y atenuación de la insulina), disminución de colesterol, control de peso y aumento de absorción de minerales”.

Según la Comisión Europea (2006) “para que un alimento sea considerado como fuente de fibra debe contener > 3% de este nutriente y cuando este valor es > 6%, el alimento se estima alto en fibra”.

Por tanto, los panes de molde elaborados (T1 al T11) se pueden clasificar como fuente rica en fibra por contener más de 3% de fibra dietaria total y que puede ser consumido por hombres y mujeres entre niños, adultos y adultos mayores. Se debe tener en cuenta que la fibra dietaria de la cáscara de maracuyá tiene la capacidad de retener agua, baja adsorción de aceite y de mitigar el tiempo de absorción de nutrientes.

Los contenidos de FDT, FDI y FDS encontrados en los panes de molde sustituidos superan los valores respecto al control.

Díaz y Flores (2017) investigaron “la sustitución de harina de cáscara de maracuyá en panes de molde encontrando valores de 5,28% de FDT para la formulación de 6% de harina esta harina”.

4.5.9.2. Evaluación estadística de FDT, FDI y FDS de la galleta fortificada

En la tabla 69 se muestra los resultados de la FDT, FDI y FDS de la galleta fortificada según el diseño experimental planteado.

Tabla 69: Valores FDT, FDI y FDS de la galleta fortificada

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	FDT (%)	FDI (%)	FDS (%)
T1	3	80	3,23 ± 0,03	2,04 ± 0,02	1,19 ± 0,03
T2	7	80	5,36 ± 0,04	3,25 ± 0,04	2,11 ± 0,05
T3	3	220	3,26 ± 0,03	1,97 ± 0,03	1,29 ± 0,02
T4	7	220	5,54 ± 0,02	3,41 ± 0,05	2,13 ± 0,03
T5	2	150	3,11 ± 0,05	2,05 ± 0,01	1,06 ± 0,01
T6	8	150	6,94 ± 0,03	4,13 ± 0,05	2,81 ± 0,03
T7	5	50	4,75 ± 0,02	3,06 ± 0,04	1,69 ± 0,06
T8	5	250	5,09 ± 0,07	3,29 ± 0,03	1,80 ± 0,05
T9	5	150	4,61 ± 0,05	2,98 ± 0,02	1,63 ± 0,03
T10	5	150	4,66 ± 0,03	3,02 ± 0,05	1,64 ± 0,01
T11	5	150	4,59 ± 0,02	3,01 ± 0,06	1,58 ± 0,03
Control	0	0	1,42 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,49 ± 0,02

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAs: ácido ascórbico

Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial – UNS

Fibra dietética total (FDT) en galleta fortificada

En la tabla 70 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal para la FDT de galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se presenta en la figura 56 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

El valor de r^2 para el diseño experimental de la respuesta FDT de galleta fortificada asciende a 93,649%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 87,30%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

Tabla 70: Coeficientes de regresión para respuesta FDT de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	4,520465	0,222461	20,32022	<0,00001
X1(L)	2,389653	0,291527	8,19703	0,000440
X1(Q)	0,201839	0,321187	0,62841	0,557317
X2(L)	0,119463	0,249345	0,47911	0,652082
X2(Q)	0,110414	0,177950	0,62048	0,562127
X1.X2	0,001139	0,391216	0,00291	0,997790

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Con esto se comprueba que la FDT de la galleta fortificada se vio influenciado por la sustitución de HCMr y no por la adición de AAs, afirmando que a mayor sustitución con HCMr mayor fue la proporción de FDT.

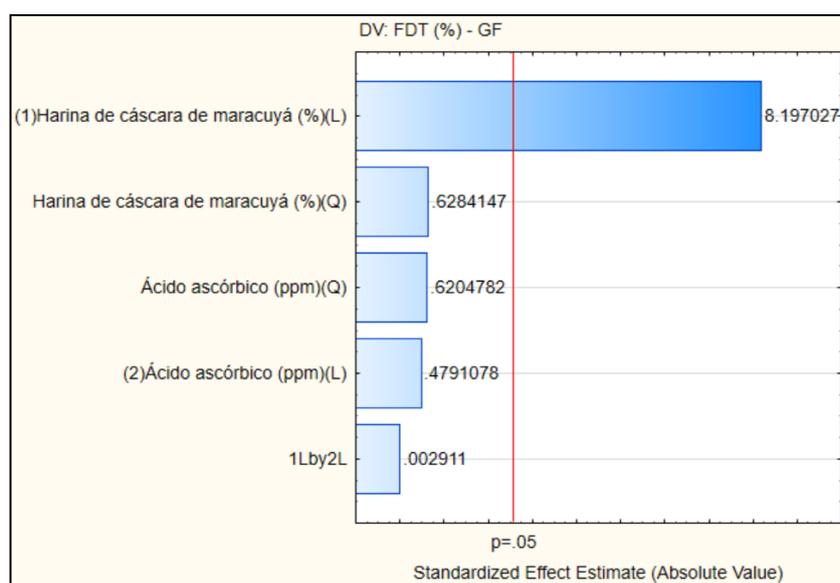


Figura 56: Diagrama de Pareto para la respuesta FDT de galleta fortificada

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 71, representa el modelo para la variable respuesta FDT de galleta fortificada donde el término lineal HCMr tuvo evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8730 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 57).

Tabla 71: ANOVA para variable respuesta FDT de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	12,78439	1	12,78439	66,56590	0,000449
HCMr (%) (Q)	0,03113	1	0,03113	0,16209	0,703873
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,00221	1	0,00221	0,01149	0,918790
ÁAs (ppm) (Q)	0,02383	1	0,02383	0,12410	0,738994
1L * 2L	0,00102	1	0,00102	0,00532	0,944678
Error	0,96028	5	0,19206		
Total SS	13,80286				

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
 Fuente: Statistica v. 12.0

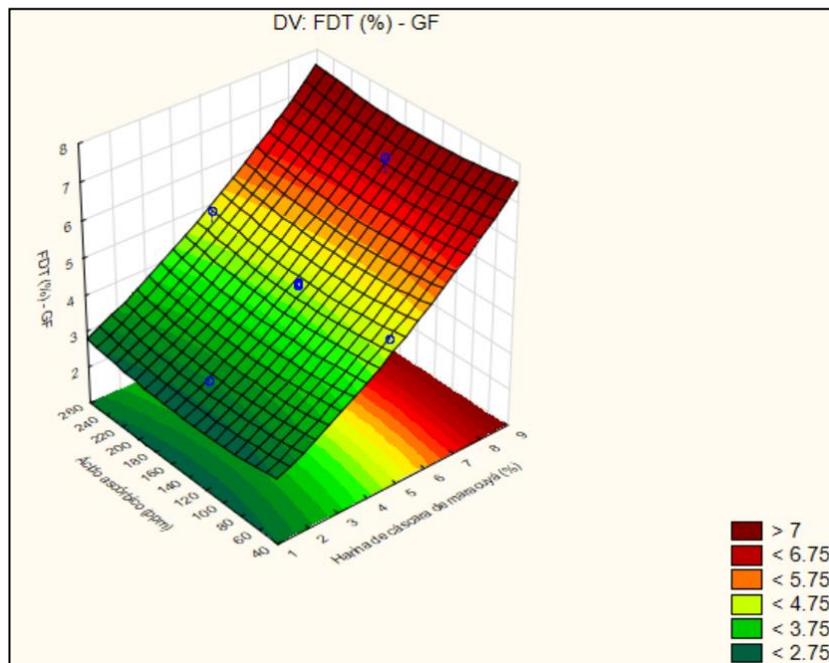


Figura 57: Superficie de respuesta para FDT de la galleta fortificada

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{FDT (GF)} = 4.52 + 2.389x_1 - 0.202x_1^2 + 0.119x_2 + 0.11x_2^2 + 0.0011x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (17)$$

La superficie de respuesta de la figura 57, muestra que la adición de AAs (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDT en la galleta fortificada; mientras que con la sustitución con HCMr mostraron valores de FDT entre 3,11% (T5) y 6,94% (T6).

Fibra dietética insoluble (FDI) en galleta fortificada

En la tabla 72 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto altamente significativo ($p < 0,05$) en el término lineal para la FDI de galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 58 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). Los tratamientos T9, T10 y T11 como puntos centrales presentaron valores cercanos demostrando la aleatorización del trabajo.

El valor de coeficiente de regresión (r^2); para el diseño experimental de la variable estudiada ascendió a **89,446%**. Este valor expresa el adecuado ajuste del modelo, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado fue de **78,89%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

Tabla 72: Coeficientes de regresión para respuesta FDI de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	2,919554	0,166852	17,49788	0,000011
X1(L)	1,377549	0,218653	6,30017	0,001482
X1(Q)	-0,045979	0,240899	-0,19086	0,856140
X2(L)	0,052792	0,187015	0,28229	0,789035
X2(Q)	0,055523	0,133467	0,41600	0,694660
X1.X2	0,093980	0,293422	0,32029	0,761700

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Con esto se comprueba que la FDI de galleta fortificada estuvo influenciada por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, porque a mayor sustitución con esta harina mayor fue la FDI.

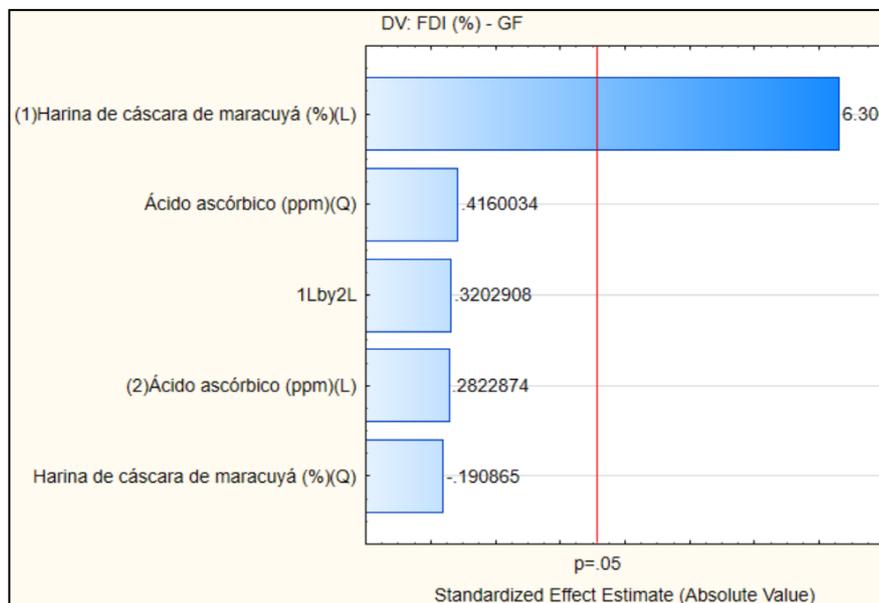


Figura 58: Diagrama de Pareto para la respuesta FDI de galleta fortificada

Tabla 73: ANOVA para variable respuesta FDI de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	3,706832	1	3,706832	39,69214	0,001482
HCMr (%) (Q)	0,003402	1	0,003402	0,03643	0,856140
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,007442	1	0,007442	0,07969	0,789035
ÁAs (ppm) (Q)	0,016162	1	0,016162	0,17306	0,694660
1L * 2L	0,009580	1	0,009580	0,10259	0,761700
Error	0,466948	5	0,093390		
Total SS	4,210366				

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico

Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 73, representa el modelo para la variable respuesta FDI de galleta fortificada en el término lineal HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7889 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 57).

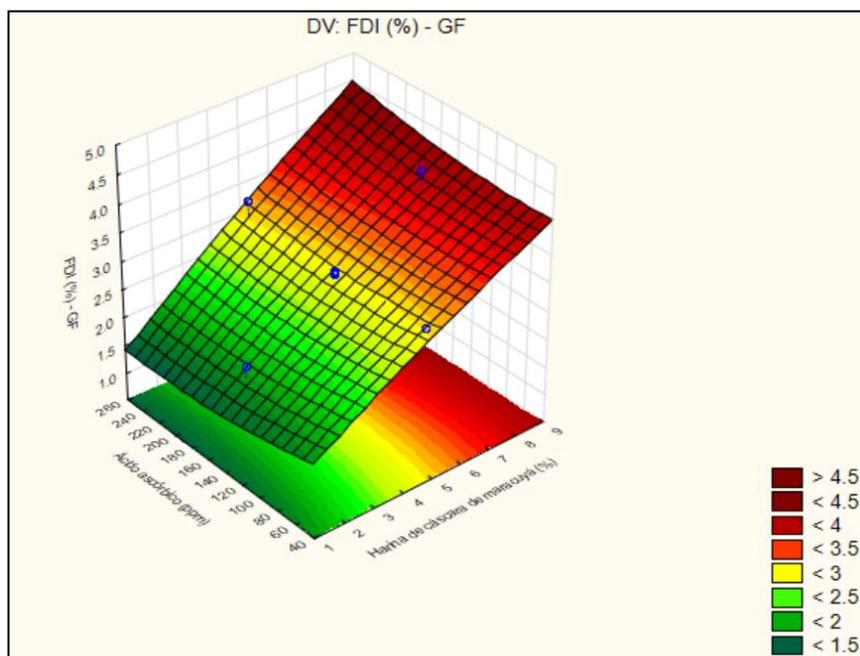


Figura 59: Superficie de respuesta para FDI de galleta fortificada

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se diseñó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente, esto implica que la FDI puede ser estimada en función de la HCMr en los niveles empleado en este trabajo.

$$\text{FDI (GF)} = 2,919 + 1,377x_1 - 0,0459x_1^2 + 0,0527x_2 + 0,0555x_2^2 + 0,939x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (18)$$

En la superficie de respuesta de la figura 57, se observa que la adición de AAs (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDI en la galleta fortificada; mientras que con la sustitución de HCMr los valores de FDI fluctuaron entre 1,97% (T3) y 4,13% (T6).

Fibra dietética soluble (FDS) en galleta fortificada

En la tabla 74 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr, tuvo efecto altamente significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático para la FDS de galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 60 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). Los tratamientos T9, T10 y T11 como puntos centrales o repeticiones presentaron valores cercanos demostrando la aleatorización del trabajo.

El valor de coeficiente de regresión (r^2); para el diseño experimental de la variable estudiada fue de **96,954%**, este valor expresa el adecuado ajuste del modelo. Excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado fue de **93,91%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

Tabla 74: Coeficientes de regresión para respuesta FDS de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	1,600912	0,066717	23,99540	<0,00001
X1(L)	1,012104	0,087431	11,57610	0,000084
X1(Q)	0,247818	0,096326	2,57270	0,049871
X2(L)	0,066671	0,074780	0,89156	0,413469
X2(Q)	0,054891	0,053368	1,02854	0,350857
X1.X2	-0,092842	0,117328	-0,79130	0,464633

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Con esto se comprueba que la FDS de la galleta fortificada tuvo influencia estadística significativa por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs, porque a mayor adición de harina de cáscara de maracuyá mayor fue la FDS.

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 75, expresa el modelo para la variable respuesta FDS de galleta fortificada para el término lineal y cuadrático de HCMr

con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9390 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 59).

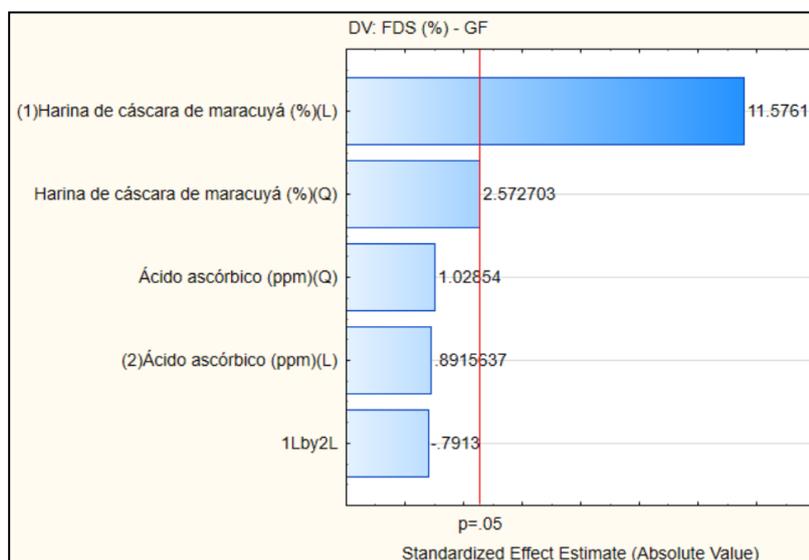


Figura 60: Diagrama de Pareto para la respuesta FDS de galleta fortificada

Tabla 75: ANOVA para variable respuesta FDS de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	2,000964	1	2,000964	134,0060	<0,00001
HCMr (%) (Q)	0,098831	1	0,098831	6,6188	0,049871
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,011869	1	0,011869	0,7949	0,413469
ÁAs (ppm) (Q)	0,015796	1	0,015796	1,0579	0,350857
1L * 2L	0,009350	1	0,009350	0,6262	0,464633
Error	0,074659	5	0,014932		
Total SS	2,211469	10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se diseñó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente, esto implica que la FDS de la galleta fortificada puede ser estimada matemáticamente en función de la harina de cáscara de maracuyá en los niveles empleado en este trabajo.

$$\text{FDS (GF)} = 1,6 + 1,012x_1 + 0,248x_1^2 + 0,066x_2 + 0,0549x_2^2 - 0,0928x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (19)$$

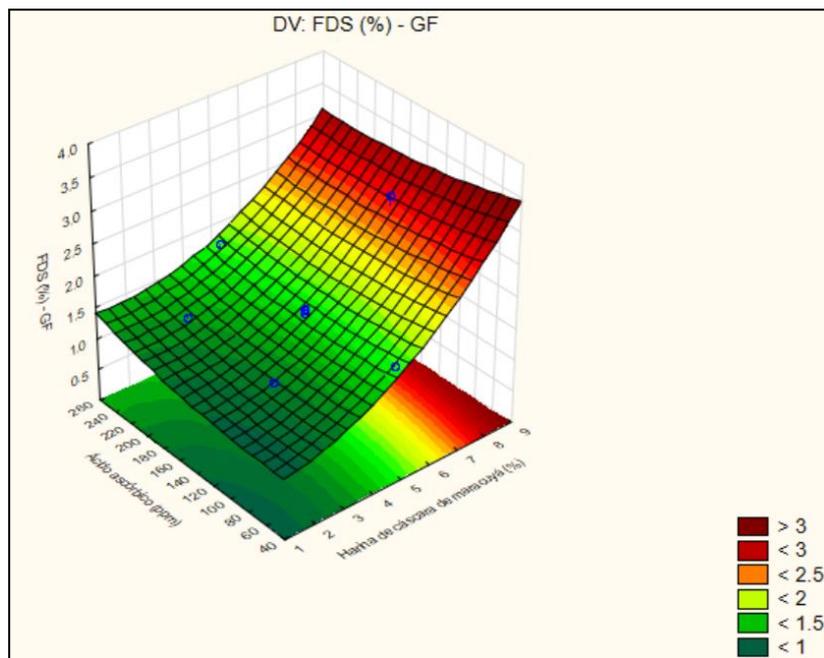


Figura 61: Superficie de respuesta para FDS de la galleta fortificada

En la superficie de respuesta de la figura 61, se observa que la adición de ácido ascórbico (50 a 250 ppm) no tuvo efecto estadístico significativo sobre la variación de FDS en la galleta fortificada; mientras que con la sustitución de HCMr los valores de FDS fluctuaron entre 1,06% (T5) y 2,81% (T6).

4.5.10. Evaluación estadística del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante del pan de molde y galleta fortificada

4.5.10.1. Evaluación estadística del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante del pan de molde

En la tabla 76 se muestra los resultados del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante del pan de molde según el diseño experimental planteado.

Tabla 76: Valores del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante de pan de molde

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	CTP (mg GAE/ 100 g)	CA(μmol ET/ 100 g)
T1	3	80	83,12 ± 0,82	387,68 ± 1,01
T2	7	80	187,23 ± 1,06	395,71 ± 0,41
T3	3	220	122,79 ± 0,90	379,11 ± 0,73
T4	7	220	155,64 ± 0,87	384,20 ± 0,97
T5	2	150	83,91 ± 0,92	373,16 ± 1,64
T6	8	150	132,18 ± 0,95	416,69 ± 0,65
T7	5	50	109,72 ± 0,45	411,52 ± 1,10
T8	5	250	105,20 ± 0,63	402,53 ± 0,82
T9	5	150	73,11 ± 0,77	398,39 ± 1,35
T10	5	150	72,50 ± 0,42	400,55 ± 0,80
T11	5	150	72,69 ± 0,59	395,73 ± 1,27
Control	0	0	60,77 ± 0,98	256,15 ± 0,94

CTP: Contenido total de polifenoles; CA: Capacidad antioxidante
Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial – UNS

Contenido total de polifenoles (CTP) en pan de molde

En la tabla 77 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se deduce que ni el término lineal ni cuadrático de las variables planteadas tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la variación de polifenoles totales en el pan de molde, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 62). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x1) y AAs (x2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 77: Coeficientes de regresión para contenido total de polifenoles de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	84,3333	17,33777	4,864136	0,004616
X1(L)	44,1639	22,72045	1,943797	0,109537
X1(Q)	41,1662	25,03206	1,644540	0,160985
X2(L)	15,9217	19,43298	0,819313	0,449882
X2(Q)	18,1018	13,86875	1,305224	0,248650
X1.X2	-25,2036	30,48986	-0,826622	0,446091

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la respuesta contenido total de polifenoles fue de 64,915%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 29,83%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible establecer un modelo matemático para construir la superficie de respuesta.

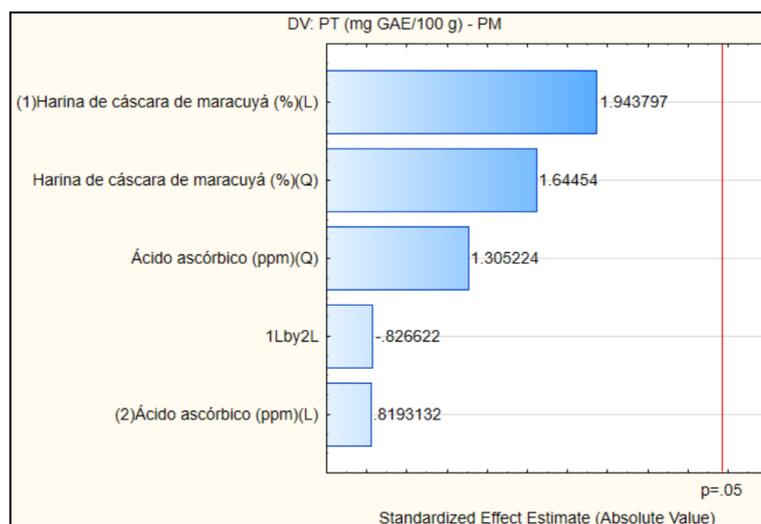


Figura 62: Diagrama de Pareto para contenido total de polifenoles del pan de molde

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar la variación de polifenoles en el pan de molde, con ningún porcentaje de sustitución con HCMr ni adición de AAs.

Los valores de polifenoles totales de pan de molde de este estudio fluctuaron entre 72,5 (T10) a 187, 23 (T7) mg GAE/ 100 g.

Si se compara los valores de polifenoles totales con el control (60,77 mg GAE/ 100 g) se puede deducir que hay un aumento de estos compuestos bioactivos en el pan de molde, pero la sustitución con HCMr no muestra si uno o más tratamientos se diferencian de los demás.

Capacidad antioxidante (CA) en pan de molde

En la tabla 78 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, donde se observa que ni el término lineal ni cuadrático de las variables planteadas tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la variación de capacidad antioxidante en el pan de molde, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 63). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 78: Coeficientes de regresión para capacidad antioxidante de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	394,8700	5,89682	66,96323	<0,00001
X1(L)	17,2315	7,72754	2,22988	0,076176
X1(Q)	-6,4531	8,51375	-0,75796	0,482650
X2(L)	-6,4448	6,60943	-0,97509	0,374299
X2(Q)	3,0645	4,71696	0,64968	0,544561
X1.X2	-5,7456	10,37003	-0,55406	0,603404

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de r^2 para el diseño experimental de la respuesta polifenoles totales fue de 66,546%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 33,09%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible establecer un planteamiento matemático para construir la superficie de respuesta.

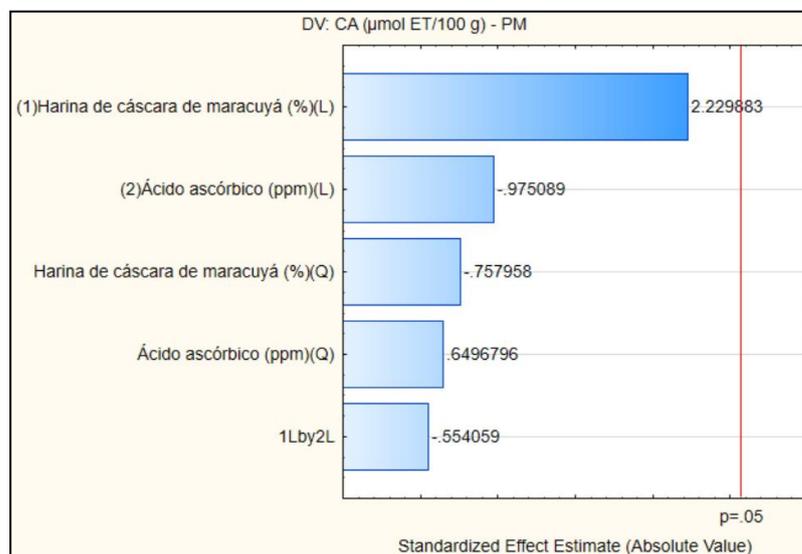


Figura 63: Diagrama de Pareto para capacidad antioxidante del pan de molde

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar la variación de capacidad antioxidante en el pan de molde, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs.

Los valores de capacidad antioxidante de pan de molde de este estudio fluctuaron entre 373,16 (T5) a 416,69 (T6) $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$. Si se compara los valores de polifenoles totales con el control (256,15 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) se puede deducir la capacidad antioxidante en el pan de molde aumenta cuando se sustituye con HCMr.

4.5.10.2. Evaluación estadística del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante de la galleta fortificada

En la tabla 79 se muestra los resultados de la polifenoles totales y capacidad antioxidante de la galleta fortificada según el diseño experimental planteado.

Tabla 79: Valores del contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante de galleta fortificada

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	PT (mg GAE/ 100 g)	CA(μmol ET/ 100 g)
T1	3	80	50,07 ± 0,90	333,36 ± 0,52
T2	7	80	65,82 ± 0,31	342,76 ± 0,72
T3	3	220	51,63 ± 0,49	338,81 ± 0,23
T4	7	220	71,89 ± 0,46	345,24 ± 1,62
T5	2	150	44,33 ± 0,59	331,63 ± 0,73
T6	8	150	70,25 ± 0,34	354,24 ± 1,10
T7	5	50	61,41 ± 0,82	342,59 ± 0,98
T8	5	250	53,97 ± 0,53	347,41 ± 1,09
T9	5	150	51,49 ± 0,96	349,08 ± 1,76
T10	5	150	52,37 ± 0,46	348,04 ± 0,83
T11	5	150	51,22 ± 0,50	350,21 ± 0,53
Control	0	0	33,12 ± 0,71	274,40 ± 0,71

HCMr: Harina de cáscara de maracuyá, AAsc: ácido ascórbico, CPT: contenido total de polifenoles

CA: Capacidad antioxidante

Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial – UNS

Contenido total de polifenoles (CTP) en galleta fortificada

En la tabla 80 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que el término lineal de HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la variación de polifenoles totales en la galleta fortificada, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 64). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x1) y AAs (x2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 80: Coeficientes de regresión para CTP de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	52,75960	3,140100	16,80188	0,000014
X1(L)	14,55560	4,114976	3,53723	0,016612
X1(Q)	7,36973	4,533638	1,62557	0,164970
X2(L)	3,74184	3,519571	1,06315	0,336341
X2(Q)	4,27007	2,511815	1,69999	0,149878
X1.X2	-3,36524	5,522119	-0,60941	0,568879

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor del coeficiente de correlación r^2 para el delineamiento experimental de la respuesta polifenoles totales de la galleta fortificada fue de 79,679%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 59,357%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible establecer un modelo matemático para construir la superficie de respuesta ni una ecuación para el modelo ajustado.

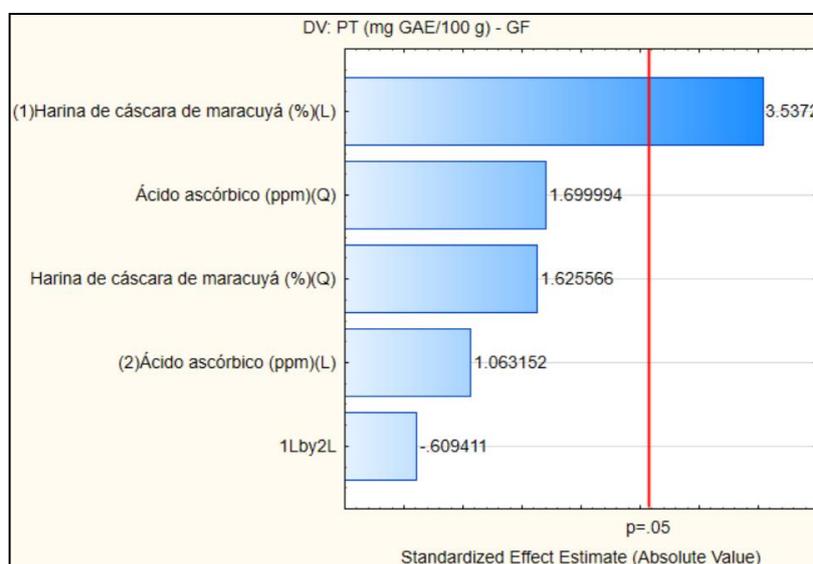


Figura 64: Diagrama de Pareto para contenido total de polifenoles de galleta fortificada

Con estos resultados obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar la variación de polifenoles en la galleta fortificada, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs.

Los valores de polifenoles totales de galleta fortificada de este estudio fluctuaron entre 44,33 (T5) a 70,25 (T6) mg GAE/ 100 g.

Si se compara los valores de polifenoles totales con el control (33,12 mg GAE/ 100 g) se puede deducir que hay un aumento de estos compuestos bioactivos en la galleta fortificada, además al observar el diagrama de Pareto de la figura 62 se observa claramente que la sustitución con HCMr tiene influencia sobre la variación de polifenoles, pero estadísticamente esta variación no determina que tratamiento es el mejor o cuál de ellos se diferencian de los demás.

Capacidad antioxidante (CA) en la galleta fortificada

En la tabla 81 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, donde se observa que el término lineal HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la variación de capacidad antioxidante en la galleta fortificada, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 65). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x1) y AAs (x2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 81: Coeficientes de regresión para capacidad antioxidante de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	347,8425	2,563729	135,6784	<0,00001
X1(L)	11,1189	3,359664	3,3095	0,021252
X1(Q)	-6,7706	3,701480	-1,8292	0,126903
X2(L)	0,9730	2,873547	0,3386	0,748660
X2(Q)	-1,9452	2,050766	-0,9485	0,386427
X1.X2	-2,7665	4,508523	-0,6136	0,566302

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de r^2 para el diseño experimental de la respuesta capacidad antioxidante de galleta fortificada fue de 77,745%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 55,49%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible modelar matemáticamente para construir la superficie de respuesta.

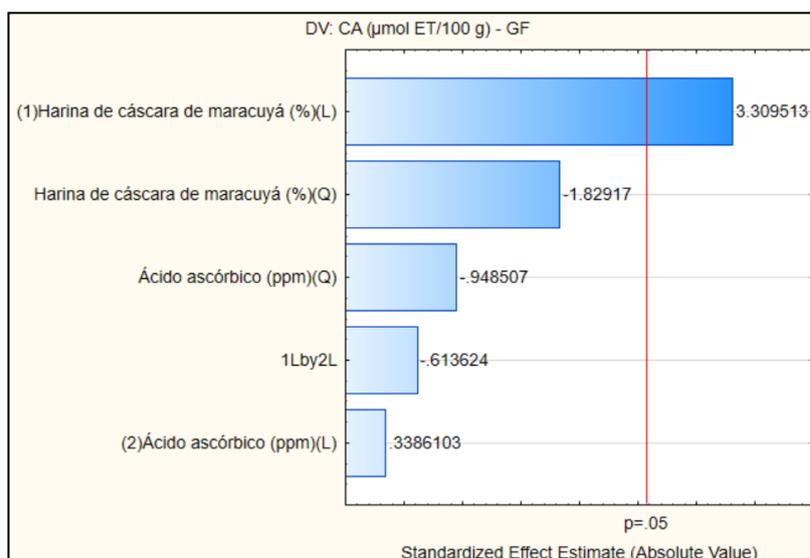


Figura 65: Diagrama de Pareto para capacidad antioxidante de galleta fortificada

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar la variación de capacidad antioxidante en la galleta fortificada, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs.

Los valores de capacidad antioxidante de galleta fortificada de este trabajo fluctuaron entre 331,63 (T5) a 354,24 (T6) $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$. Si se compara los valores de capacidad antioxidante con el control (274,40 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) se puede deducir que esta aumenta con la sustitución con HCMr (figura 63), pero no se pudo determinar que tratamiento o tratamientos se diferencian de los demás para poder elegir el mejor.

La harina de cáscara de maracuyá es una fuente importante de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, Ochoa-Velasco *et al.*, (2012) refieren que “las frutas y hortalizas se caracterizan por el alto contenido de compuestos con capacidad antioxidante; tales como fenoles, pigmentos y vitaminas contribuyen a retardar los daños producidos a nivel del sistema nervioso central, como consecuencia del envejecimiento de las células”.

“El uso de residuos como fuente de polifenoles y antioxidantes puede tener considerable beneficio económico para los procesadores de alimentos, así como también son seguros y brindan beneficios de salud al consumidor”. (Suja *et al.*, 2017).

No se encontró reportes sobre valores de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en productos de panificación, por lo que estos datos obtenidos pueden servir de referencia para trabajos futuros.

4.5.11. Evaluación organoléptica del pan de molde y galleta fortificada

4.5.11.1. Evaluación organoléptica del pan de molde

En la tabla 82 se presenta los resultados promedio de la evaluación organoléptica del pan de molde según diseño experimental.

Tabla 82: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de pan de molde

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	Color	Aroma	Apariencia general	Textura	Sabor
T1	3	80	5,93±0,03	6,09±0,02	6,05±0,05	6,57±0,10	6,09±0,08
T2	7	80	6,91±0,05	6,36±0,01	6,75±0,03	6,31±0,02	6,56±0,06
T3	3	220	5,61±0,07	5,97±0,05	6,17±0,07	6,91±0,05	6,11±0,05
T4	7	220	7,03±0,04	6,25±0,04	6,95±0,06	6,77±0,06	6,83±0,02
T5	2	150	4,46±0,03	5,67±0,06	5,19±0,05	6,19±0,06	5,76±0,04
T6	8	150	5,33±0,02	6,56±0,07	5,57±0,06	6,21±0,07	6,03±0,04
T7	5	50	6,86±0,01	6,37±0,08	7,29±0,03	6,37±0,06	7,07±0,07
T8	5	250	7,21±0,06	6,56±0,07	7,35±0,04	7,07±0,08	7,13±0,05
T9	5	150	7,06±0,04	6,17±0,05	7,16±0,04	6,81±0,09	6,93±0,07
T10	5	150	7,11±0,08	6,25±0,04	7,19±0,03	6,87±0,06	6,97±0,09
T11	5	150	7,13±0,09	6,19±0,06	7,15±0,04	6,83±0,05	6,99±0,09
Control	0	0	8,01±0,08	7,99±0,08	8,16±0,10	7,73±0,11	7,83±0,08

Fuente: Planta piloto agroindustrial – Módulos de evaluación sensorial - UNS

Anexo 9

Atributo color del pan de molde

En la tabla 83 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático sobre el atributo color del pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 66). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 83: Coeficientes de regresión para atributo color de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7,20215	0,139993	51,44656	0,000001
X1(L)	0,94035	0,183455	5,12577	0,003689
X1(Q)	-1,91275	0,202120	-9,46345	0,000223
X2(L)	0,09704	0,156910	0,61841	0,563382
X2(Q)	-0,04856	0,111982	-0,43367	0,682603
X1.X2	0,32386	0,246189	1,31550	0,245432

x_1 =HCMr, x_2 =AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Esto demuestra que el atributo color del pan de molde se vio influenciado por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 96,241%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 92,483%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

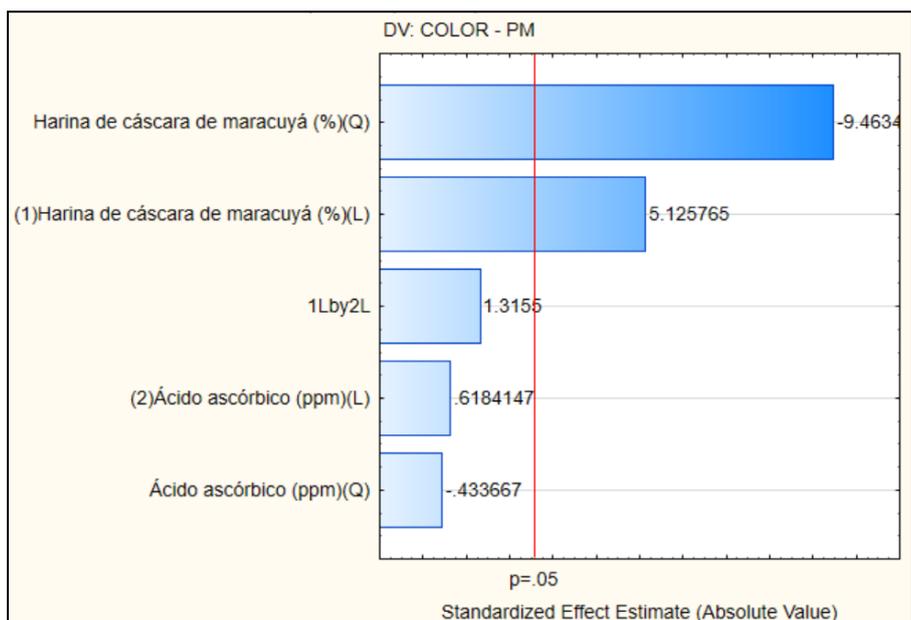


Figura 66: Diagrama de Pareto para el atributo color de pan de molde

Tabla 84: ANOVA para el atributo color de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	1,727290	1	1,727290	26,27347	0,003689
HCMr (%) (Q)	5,887720	1	5,887720	89,55694	0,000223
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,025142	1	0,025142	0,38244	0,563382
ÁAs (ppm) (Q)	0,012364	1	0,012364	0,18807	0,682603
1L * 2L	0,113771	1	0,113771	1,73054	0,245432
Error	0,328714	5	0,065743		
Total SS		10			

HCMr=Harina de cáscara de maracuyá, ÁAs=ácido ascórbico
Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 84, representa el modelo para la variable respuesta **color** del pan de molde el término lineal y cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9248 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 38).

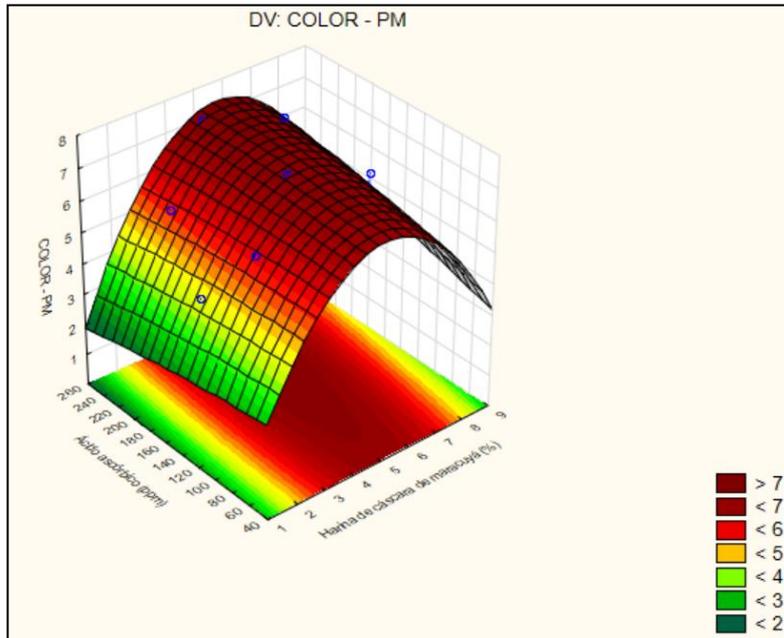


Figura 67: Superficie de respuesta para color de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Color PM} = 7,202 + 0,940x_1 - 1,913x_1^2 + 0,097x_2 - 0,0485x_2^2 + 0,324x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (20)$$

La superficie de respuesta de la figura 67 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo color de pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr un pan de molde con el mayor puntaje de color. Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (19) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,940 - 3,826x_1 = 0$$

$$x_1 = 0,25$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,194x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que el pan de molde presente máximo puntaje del atributo color, los valores óptimos fue de 5,5% de HCMr y 150 ppm de AAs. Estos valores se pueden visualizar en la superficie de respuesta de la figura 65.

Atributo aroma de pan de molde

En la tabla 85 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, donde se observa que el término lineal HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el atributo AROMA del pan de molde, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 68). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 85: Coeficientes de regresión para atributo aroma de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,217943	0,086440	71,93323	<0,000001
X1(L)	0,431787	0,113277	3,81179	0,012477
X1(Q)	-0,118231	0,124802	-0,94735	0,386961
X2(L)	0,065634	0,096887	0,67743	0,528204
X2(Q)	0,096532	0,069145	1,39608	0,221509
X1.X2	-0,056840	0,152013	-0,37391	0,723799

x_1 =HCMr, x_2 =AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Observando la tabla anterior se comprueba que el atributo **aroma** del pan de molde tuvo influencia significativa por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 81,045%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 62,089%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible modelar matemáticamente para construir la superficie de respuesta.

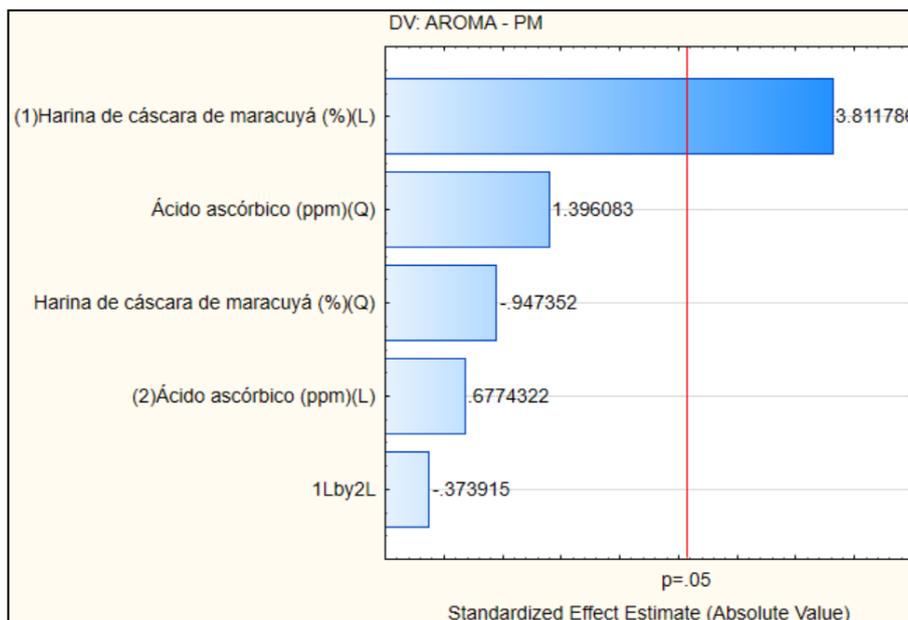


Figura 68: Diagrama de Pareto para el atributo aroma de pan de molde

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar el atributo **aroma** en el pan de molde, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs. Si se compara los valores de **aroma** con el control se puede deducir que la preferencia disminuye con la sustitución con HCMr (ver tabla 82), pero no se pudo determinar estadísticamente que tratamiento se diferencia de los demás para elegir el mejor u óptimo.

Atributo apariencia general de pan de molde

En la tabla 86 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr mostró efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático sobre el atributo **apariencia general** de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 69). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 86: Coeficientes de regresión para atributo apariencia general de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7,19164	0,083941	85,6750	<0,00001
X1(L)	0,51028	0,110001	4,6389	0,005638
X1(Q)	-1,56977	0,121193	-12,9527	0,000049
X2(L)	0,12710	0,094085	1,3509	0,234630
X2(Q)	0,08559	0,067146	1,2747	0,258442
X1.X2	0,13189	0,147617	0,8934	0,412554

X1=HCMr, x2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Observando la tabla 86 se comprueba que el atributo **apariencia general** del pan de molde tuvo influencia estadística significativa por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 97,919%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 95,838%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

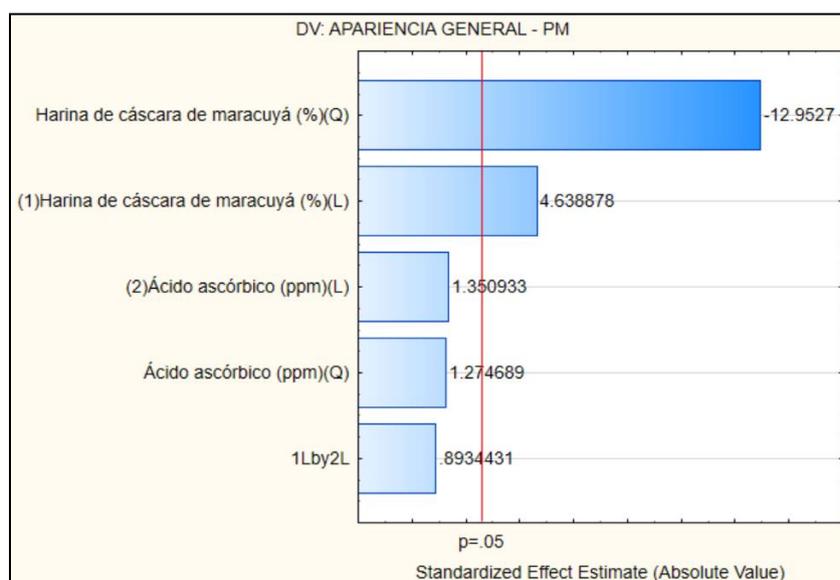


Figura 69: Diagrama de Pareto para el atributo apariencia general de pan de molde

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 87, representa el modelo para la variable respuesta **apariciencia general** del pan de molde el término lineal y cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9583 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 69).

Tabla 87: ANOVA para el atributo apariciencia general de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,508639	1	0,508639	21,5192	0,005638
HCMr (%) (Q)	3,965543	1	3,965543	167,7719	0,000049
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,043137	1	0,043137	1,8250	0,234630
ÁAs (ppm) (Q)	0,038405	1	0,038405	1,6248	0,258442
1L * 2L	0,018868	1	0,018868	0,7982	0,412554
Error	0,118183	5	0,023637		
Total SS	4,692775				

Fuente: Statistica v. 12.0

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Apariciencia general PM} = 7,1192 + 0,51x_1 - 1,57x_1^2 + 0,127x_2 + 0,085x_2^2 + 0,1319x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (21)$$

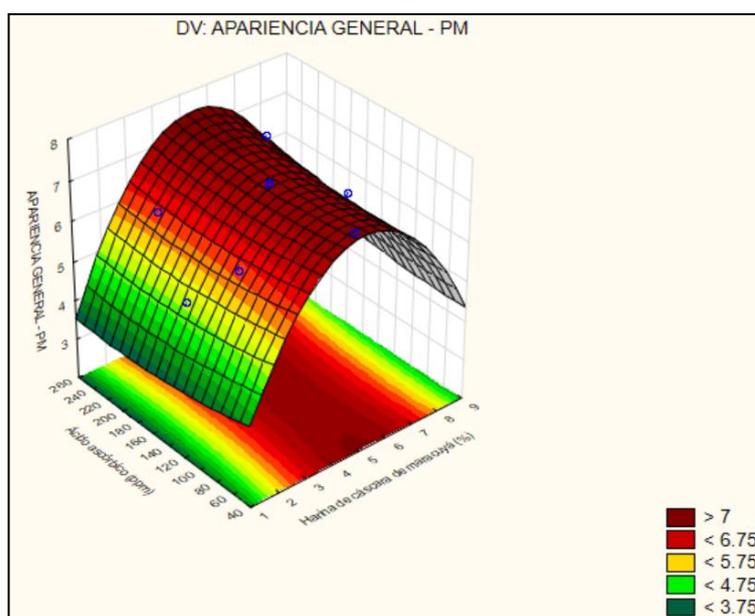


Figura 70: Superficie de respuesta para apariciencia general de los panes de molde

La superficie de respuesta de la figura 70 muestra la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo apariencia general de pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr un pan de molde con el mayor puntaje de apariencia general

Para obtener esos valores derivamos la ecuación (21) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.51 - 3.14x_1 = 0$$

$$x_1 = 0.16$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.170x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se calculó los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que el pan de molde presente mayor puntaje del atributo apariencia general los valores óptimos de HCMr y AAs serán de 5,32% y 150 ppm respectivamente.

Atributo textura de pan de molde

La tabla 88 muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable HCMr mostró efecto significativo ($p < 0,05$) en el término cuadrático y la variable ácido ascórbico en el término lineal sobre el atributo **textura** de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 71). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 88: Coeficientes de regresión para atributo textura de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,912140	0,048469	142,6100	<0,000001
X1(L)	-0,084165	0,063516	-1,3251	0,242465
X1(Q)	-0,547823	0,069979	-7,8284	0,000546
X2(L)	0,348386	0,054326	6,4129	0,001368
X2(Q)	-0,046883	0,038771	-1,2092	0,280630
X1.X2	0,013666	0,085236	0,1603	0,878897

X1=HCMr, x2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Al observar la tabla 81 se comprueba que el atributo **textura** de pan de molde tuvo influencia significativa por la sustitución con HCMr y por la adición de AAs, demostrándose que el uso de estos productos en el pan de molde influyeron sobre la puntuación de textura por parte de los jueces. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 95,917%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 91,83%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

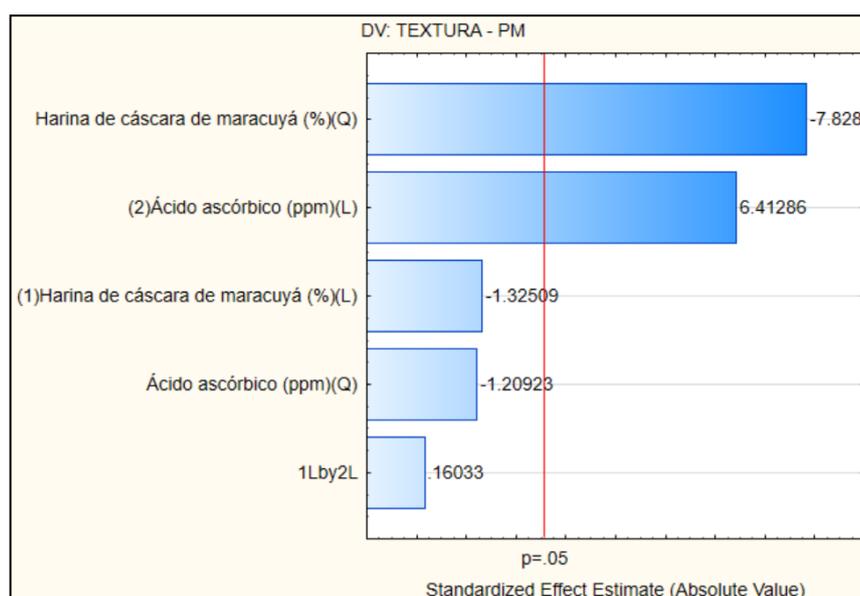


Figura 71: Diagrama de Pareto para el atributo textura de pan de molde

Tabla 89: ANOVA para el atributo textura de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,013837	1	0,013837	,75586	0,242465
HCMr (%) (Q)	0,482959	1	0,482959	61,28414	0,000546
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,324090	1	0,324090	41,12477	0,001368
ÁAs (ppm) (Q)	0,011523	1	0,011523	1,46223	0,280630
1L * 2L	0,000203	1	0,000203	0,02571	0,878897
Error	0,039403	5	0,007881		
Total SS	0,872015	10			

Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 89, representa el modelo para la variable respuesta **textura** del pan de molde en el término lineal de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9183 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 72).

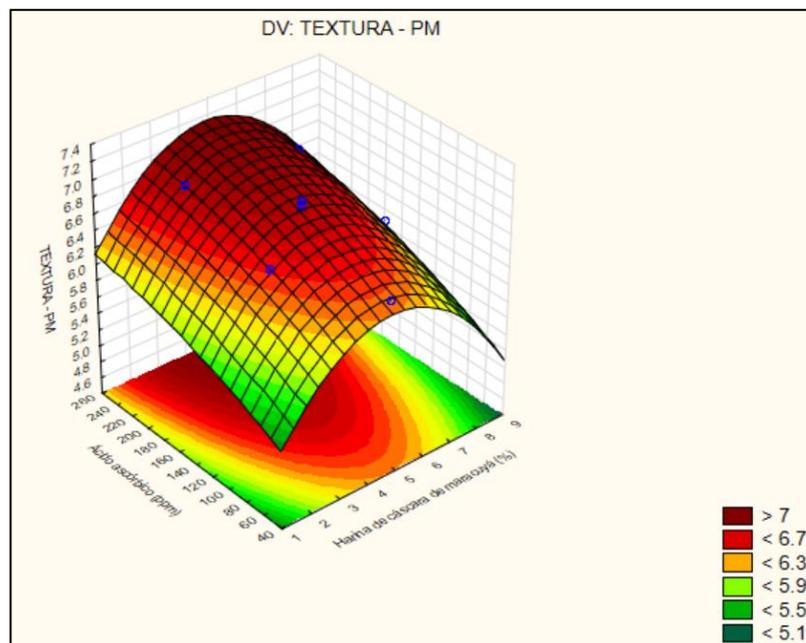


Figura 72: Superficie de respuesta para textura de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Textura PM} = 6,912 - 0,084x_1 - 0,548x_1^2 + 0,348x_2 - 0,047x_2^2 + 0,0137x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (22)$$

La superficie de respuesta de la figura 72 muestra el valor máximo de la puntuación del atributo textura de pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para obtener un pan de molde con el mayor puntaje de textura.

Para obtener esos valores derivamos la ecuación (22) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = -1.096x_1 = 0$$

$$x_1 = 0$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0.94x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se calculó los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que el pan de molde presenten mayor puntaje del atributo **textura** los valores óptimos de HCMr y AAs serán de 5% y 150 ppm respectivamente.

Atributo sabor de pan de molde

En la tabla 90 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático sobre el atributo **sabor** de pan de molde. La significancia de las variables estudiadas se muestra en la figura 73 (Diagrama de Pareto). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 90: Coeficientes de regresión para atributo sabor de pan de molde

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,936774	0,083163	83,41135	<0,00001
X1(L)	0,208427	0,108982	3,82497	0,012311
X1(Q)	-0,981766	0,120070	-8,17659	0,000445
X2(L)	0,083135	0,093213	0,89188	0,413315
X2(Q)	0,069266	0,066524	1,04122	0,345481
X1.X2	0,196258	0,146250	1,34194	0,237329

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Observando la tabla 90 se comprueba que el atributo **sabor** del pan de molde tuvo influencia significativa por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 95,329%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 90,66%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

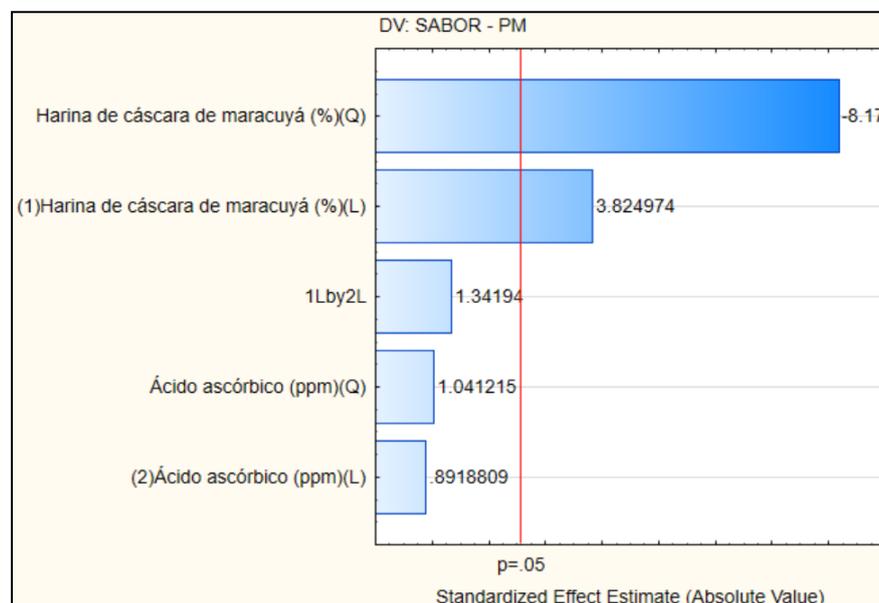


Figura 73: Diagrama de Pareto para el atributo sabor de pan de molde

Tabla 91: ANOVA para el atributo sabor de pan de molde

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,339436	1	0,339436	14,63042	0,012311
HCMr (%) (Q)	1,551122	1	1,551122	66,85666	0,000445
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,018455	1	0,018455	0,79545	0,413315
ÁAs (ppm) (Q)	0,025153	1	0,025153	1,08413	0,345481
1L * 2L	0,041780	1	0,041780	1,80080	0,237329
Error	0,116004	5	0,023201		
Total SS	2,09195	10			

Fuente: Statistica v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) de la tabla 91, representa el modelo para la variable respuesta **sabor** del pan de molde el término lineal y cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,9065 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 74).

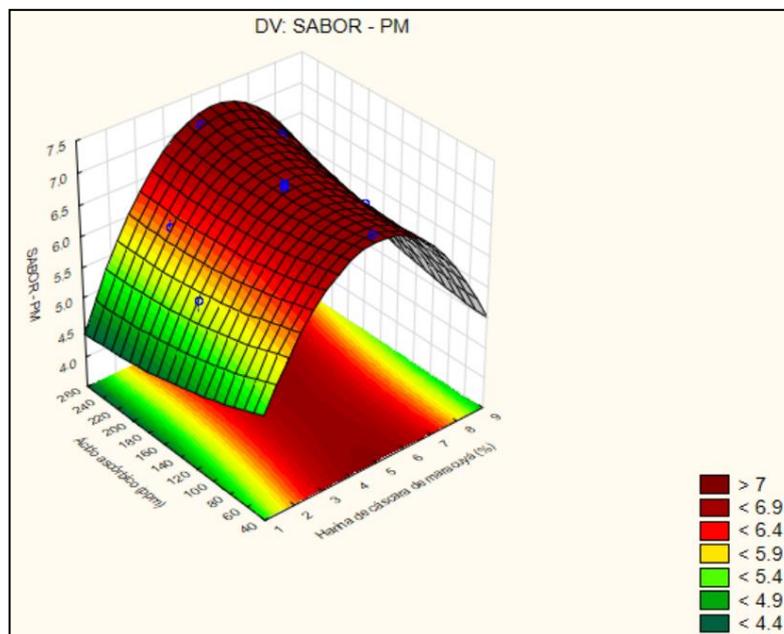


Figura 74: Superficie de respuesta para sabor de los panes de molde

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Sabor PM} = 6,937 + 0,208x_1 - 0,982x_1^2 + 0,0831x_2 + 0,069x_2^2 + 0,1962x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots \quad (23)$$

La superficie de respuesta de la figura 74 muestra la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo sabor de pan de molde, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr un pan de molde con el mayor puntaje de sabor.

Para obtener esos valores derivamos la ecuación (23) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.208 - 1.964x_1 = 0$$

$$x_1 = 0.10$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = 0.138x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se calculó los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que el pan de molde presente mayor puntaje del atributo **sabor** los valores óptimos de HCMr y AAs fueron de 5.2% y 150 ppm respectivamente.

Teniendo en cuenta los valores promedio de la evaluación organoléptica del pan de molde, mostrados en el anexo 9, los tratamientos que presentaron los mayores valores de los atributos color, aroma, apariencia general, textura y sabor fueron T8 (con puntaje de 4,21 de intención de compra), T11 (4,11) y T10 (4,06), este puntaje de intención de compra implica que los jueces determinaron al producto como “posiblemente o ciertamente lo compraría”.

Según el software STATISTICA, al evaluar los resultados del análisis organoléptico, para el atributo color de pan de molde, la mejor puntuación (7,21) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 5,5% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo aroma, la selección de cualquier tratamiento con sus respectivos niveles de harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico no

conllevará a una diferencia estadística en el producto elaborado.

Para el atributo apariencia general, la mejor puntuación (7,35) por parte de los jueces fue cuando se utilice 5,32% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo textura, la mejor puntuación (7,07) por parte de los jueces fue cuando se utilice 5% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Para el caso del atributo sabor, la mejor puntuación (7,13) por parte de los jueces fue cuando se utilice 5,2% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Con lo descrito y el análisis estadístico realizado con el software STATISITCA se puede inferir que pan de molde tiene aceptabilidad por parte de los consumidores por la puntuación obtenida organolépticamente.

Además los valores fisicoquímicos encontrados como volumen específico, humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra dietaria total, fibra dietaria insoluble, fibra dietaria soluble, perfil de textura experimental, polifenoles totales y capacidad antioxidante evaluados le confieren al pan de molde obtenido como adecuado, muy nutritivo y saludable, al haber utilizado aceite de girasol en reemplazo de manteca.

Stávková *et al.*, (2008) concluyen que “la calidad del pan se determina principalmente por atributos sensoriales y fisicoquímicos, teniendo influencia en el consumidor final; estas características están ligadas a la frescura y la forma, por ello las evaluaciones se deben realizar lo más pronto posible”.

4.5.11.2. Evaluación organoléptica de la galleta fortificada

Tabla 92: Valores obtenidos de la evaluación organoléptica de galleta fortificada

TTs	HCMr (%)	AAs (ppm)	Color	Aroma	Apariencia general	Textura	Sabor
T1	3	80	5,91±0,05	5,77±0,06	5,97±0,07	5,91±0,05	5,88±0,08
T2	7	80	6,86±0,04	6,29±0,04	6,68±0,06	5,86±0,05	6,34±0,07
T3	3	220	5,79±0,03	5,85±0,01	6,09±0,08	5,47±0,03	5,91±0,06
T4	7	220	7,01±0,03	6,35±0,03	6,89±0,08	6,03±0,04	6,64±0,05
T5	2	150	4,91±0,04	5,71±0,08	5,83±0,05	5,68±0,03	5,83±0,04
T6	8	150	5,41±0,05	6,67±0,05	5,48±0,04	5,16±0,06	5,97±0,07
T7	5	50	6,83±0,03	6,29±0,06	7,19±0,06	5,69±0,08	6,43±0,08
T8	5	250	7,09±0,03	6,61±0,06	7,23±0,03	5,91±0,07	6,67±0,02
T9	5	150	6,96±0,02	6,46±0,04	7,07±0,05	6,06±0,05	6,71±0,01
T10	5	150	6,99±0,03	6,49±0,05	7,12±0,03	6,11±0,06	6,73±0,04
T11	5	150	6,93±0,05	6,51±0,06	7,14±0,02	6,17±0,05	6,77±0,03
Control	0	0	7,33±0,08	7,15±0,09	7,29±0,07	6,48±0,09	7,07±0,08

Fuente: Planta piloto agroindustrial – Módulos de evaluación sensorial - UNS

Anexo 9

Atributo color de galleta fortificada

En la tabla 93 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático sobre el atributo color de la galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 75). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 93: Coeficientes de regresión para atributo color de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7.04201	0.154492	45.58167	0.000000
X1(L)	0.386388	0.202456	3.81702	0.012411
X1(Q)	-1.53736	0.223054	-6.89233	0.000984
X2(L)	0.11033	0.173162	0.63717	0.552039
X2(Q)	-0.01278	0.123581	-0.10341	0.921659
X1.X2	0.31589	0.271687	1.16270	0.297424

X1=Harina de cáscara de maracuyá, X2=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Co ello se comprueba que el atributo color de la galleta fortificada tuvo influencia estadística por la sustitución con HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 93,32%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 86,64%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

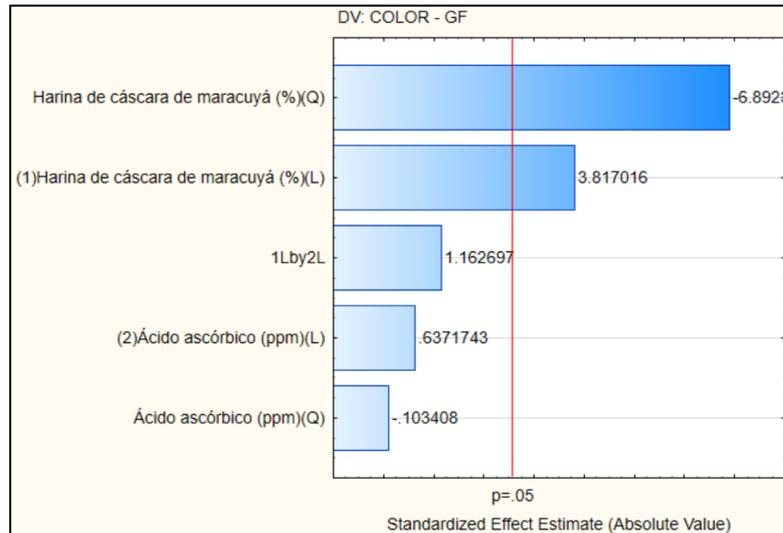


Figura 75: Diagrama de Pareto para el atributo color de galleta fortificada

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 94, representa el modelo para la variable respuesta **color** de galleta fortificada al término lineal y cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,8664 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 75).

Tabla 94: ANOVA para el atributo color de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	1,166532	1	1,166532	14,56961	0,012411
HCMr (%) (Q)	3,803474	1	3,803474	47,50415	0,000984
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,032506	1	0,032506	0,40599	0,552039
ÁAs (ppm) (Q)	0,000856	1	0,000856	0,01069	0,921659
1L * 2L	0,108239	1	0,108239	1,35186	0,297424
Error	0,400331	5	0,080066		
Total SS	5,508938				

Fuente: Statistica v. 12.0

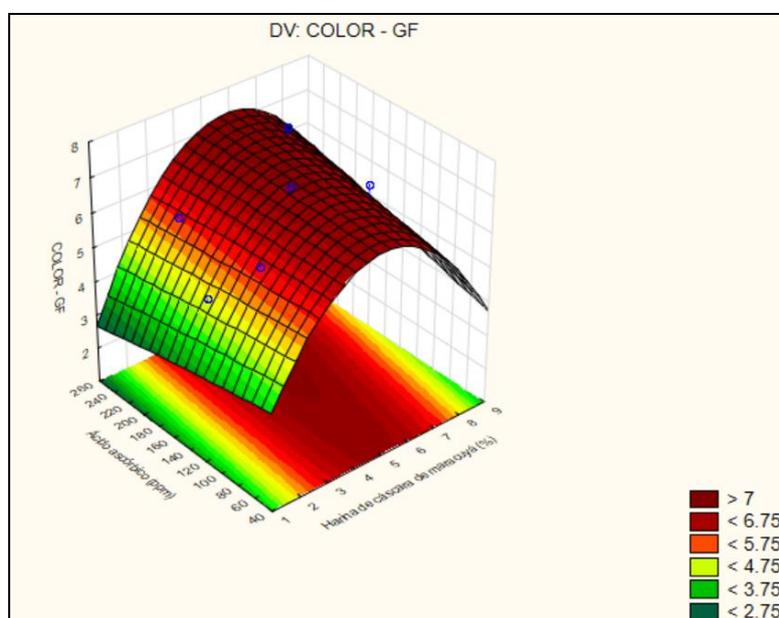


Figura 76: Superficie de respuesta para color de la galleta fortificada

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Color GF} = 7,042 + 0,386x_1 - 1,537x_1^2 + 0,110x_2 - 0,128x_2^2 + 0,316x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (24)$$

La superficie de respuesta de la figura 76 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo color de galleta fortificada, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr una galleta fortificada con el mayor puntaje de color.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (24) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.386 - 3.074x_1 = 0$$

$$x_1 = 0.12$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0.256x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que la galleta fortificada presente mayor puntaje del atributo color los valores óptimos de HCMr y AAs serán de 5,24% y 150 ppm respectivamente.

Atributo aroma de galleta fortificada

En la tabla 95 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal sobre el atributo aroma de la galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 77). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 95: Coeficientes de regresión para atributo aroma de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,437429	0,117626	54,72791	0,000001
X1(L)	0,571497	0,154144	3,70754	0,013890
X1(Q)	-0,348191	0,169827	-2,05027	0,095610
X2(L)	0,062180	0,131841	0,47163	0,657052
X2(Q)	-0,037326	0,094091	-0,39670	0,707952
X1.X2	-0,034599	0,206855	-0,16726	0,873719

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Observando la tabla 95 se comprueba que el atributo aroma de la galleta fortificada tuvo influencia estadística por la sustitución con HCMr y no por la adición de ácido ascórbico. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la respuesta aroma de galleta fortificada fue de 80,077%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 60,154%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible modelar matemáticamente para construir la superficie de respuesta.

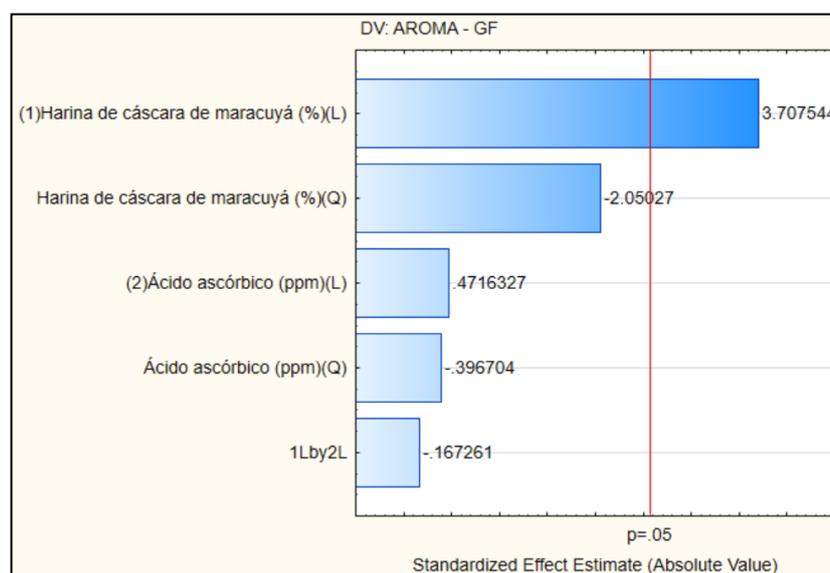


Figura 77: Diagrama de Pareto para el atributo AROMA de galleta fortificada

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar el atributo AROMA en la galleta fortificada, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs. Si se compara los valores

de aroma con el control se puede deducir que la preferencia disminuye con la sustitución con HCMr (ver Tabla 92), pero no se pudo determinar que tratamiento se diferenciara de los demás para determinar estadísticamente el mejor u óptimo.

Atributo apariencia general de galleta fortificada

En la tabla 96 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática e interacción de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término cuadrático sobre el atributo apariencia general de la galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 78). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 96: Coeficientes de regresión para atributo apariencia general de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	7,09117	0,171076	41,45033	<0,000001
X1(L)	0,28141	0,224189	1,25524	0,264863
X1(Q)	-1,31073	0,246998	-5,30664	0,003175
X2(L)	0,08364	0,191750	0,43619	0,680892
X2(Q)	0,05714	0,136847	0,41751	0,693625
X1.X2	0,23444	0,300852	0,77924	0,471092

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0,05$).

Observando la tabla 96 se comprueba que el atributo apariencia general de la galleta fortificada tuvo influencia estadística por la sustitución de HCMr y no por la adición de AAs. El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la variable color de pan de molde fue de 88,09%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 76,18%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

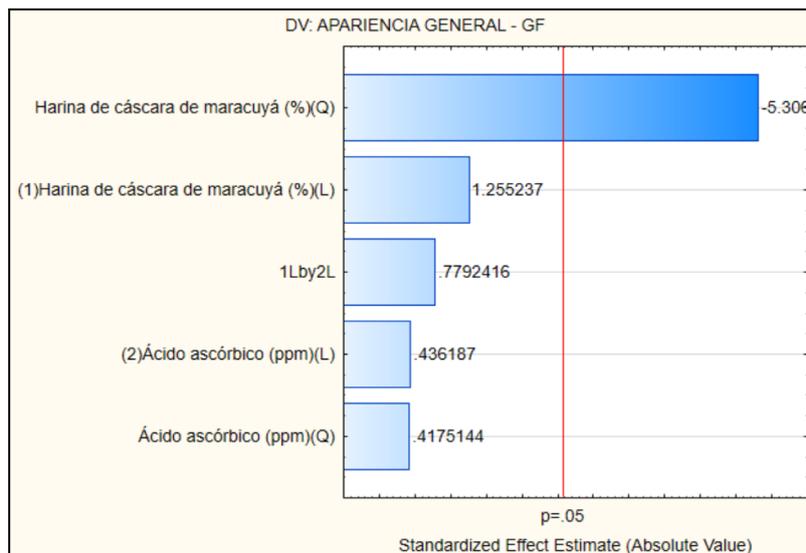


Figura 78: Diagrama de Pareto para el atributo apariencia general de galleta fortificada

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 97, representa el modelo para la variable respuesta **apariencia general** de galleta fortificada al término cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7618 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 79).

Tabla 97: ANOVA para el atributo apariencia general de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,154692	1	0,154692	1,57562	0,264863
HCMr (%) (Q)	2,764745	1	2,764745	28,16039	0,003175
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,018679	1	0,018679	0,19026	0,680892
ÁAs (ppm) (Q)	0,017114	1	0,017114	0,17432	0,693625
1L * 2L	0,059616	1	0,059616	0,60722	0,471092
Error	0,490893	5	0,098179		
Total SS	3,505739	10			

Fuente: Statística v. 12.0

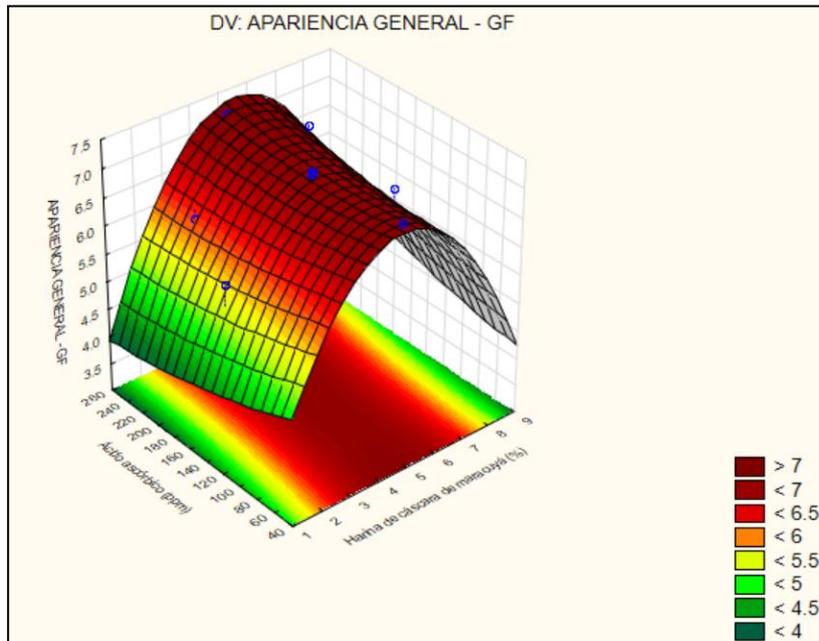


Figura 79: Superficie de respuesta para apariencia general de la galleta fortificada

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Apariencia general GF} = 7,097 + 0,281x_1 - 1,311x_1^2 + 0,084x_2 + 0,057x_2^2 + 0,0234x_1 \cdot x_2 \dots \quad (25)$$

La superficie de respuesta de la figura 79 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo apariencia general de galleta fortificada, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr una galleta fortificada con el mayor puntaje de apariencia general.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (25) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (HCMr):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.281 - 2.622x_1 = 0$$

$$x_1 = 0.11$$

Para el caso de la variable x_2 (AAs):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0.114x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que la galleta fortificada presente mayor puntaje del atributo **apariciencia general** los valores óptimos de HCMr y AAs serán de 5,22% y 150 ppm respectivamente.

Atributo textura de galleta fortificada

En la tabla 98 se presenta los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, donde se observa que el término cuadrático HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el atributo textura de la galleta fortificada, esto se comprueba con el diagrama de Pareto (Figura 80). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 98: Coeficientes de regresión para atributo textura de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,148771	0,093280	65,91741	<0,000001
X1(L)	0,020889	0,122240	0,17089	0,871011
X1(Q)	-0,602074	0,134676	-4,47052	0,006576
X2(L)	-0,047054	0,104553	-0,45005	0,671512
X2(Q)	-0,167271	0,074616	-2,24176	0,075049
X1.X2	0,398644	0,164040	2,43016	0,059369

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de r^2 para el delineamiento experimental de la respuesta textura de galleta fortificada fue de 84,168%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 68,337%; como este valor está por debajo de 70% no fue posible modelar matemáticamente para construir la superficie de respuesta.

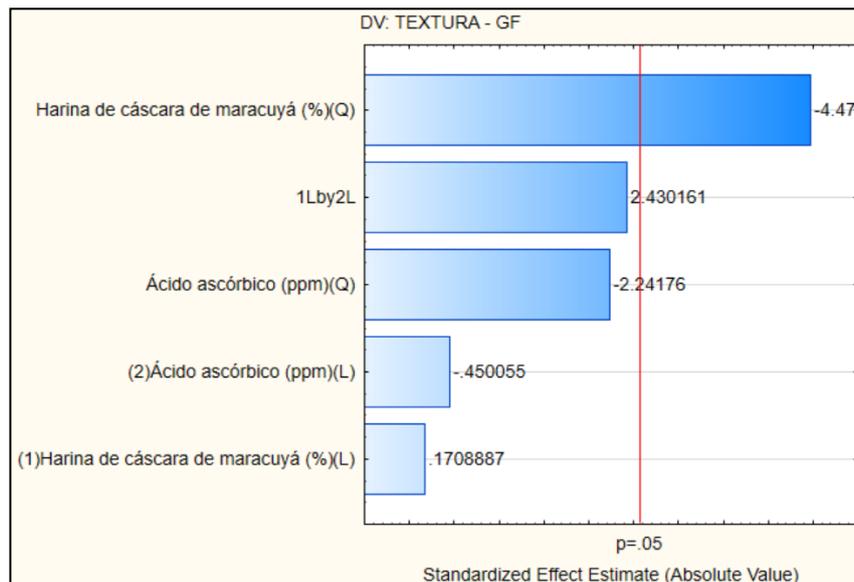


Figura 80: Diagrama de Pareto para atributo textura de galleta fortificada

Con los resultados estadísticos obtenidos no fue posible establecer un modelo que conlleve a evaluar el atributo textura en la galleta fortificada, con ningún porcentaje de sustitución de HCMr ni adición de AAs. Si se compara los valores de textura con el control se puede deducir que la preferencia disminuye con la sustitución con HCMr (ver tabla 92), pero no se pudo determinar que tratamiento se diferencian de los demás para determinar estadísticamente el mejor u óptimo.

Atributo sabor de galleta fortificada

En la tabla 99 se muestra los coeficientes de regresión lineal, cuadrática y correlación de las variables independientes estudiadas, se observa que la variable independiente HCMr tuvo efecto significativo ($p < 0,05$) en el término lineal y cuadrático sobre el atributo SABOR de la galleta fortificada. La significancia de las variables estudiadas se muestra en el diagrama de Pareto (Figura 81). Los coeficientes de regresión indican el error estándar, el valor de t-student (en función de los grados de libertad y el error experimental), y la probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q) y la interacción de las variables: HCMr (x_1) y AAs (x_2). La repetitividad del diseño fue buena debido a la proximidad de los valores centrales obtenidos (T9, T10 y T11).

Tabla 99: Coeficientes de regresión para atributo sabor de galleta fortificada

	Coeficientes de regresión	Error estándar	T(5)	Valor p*
Media	6,711811	0,098337	68,25316	<0,000001
X1(L)	0,188254	0,128867	2,92168	0,032949
X1(Q)	-0,774117	0,141978	-5,45238	0,002821
X2(L)	0,065046	0,110221	0,59015	0,580754
X2(Q)	-0,086716	0,078661	-1,10240	0,320501
X1.X2	0,222397	0,172934	1,28603	0,254766

X1=HCMr, X2=AAs, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Observando la tabla 99 se comprueba que el atributo sabor de la galleta fortificada tuvo influencia estadística por la sustitución de HCMr y no por la adición de AAs, a mayor sustitución con HCMr menor fue la preferencia en sabor el valor de r^2 para el diseño experimental de la variable sabor de galleta fortificada fue de 88,98%, excluyendo los términos no significativos ($p > 0,05$), el nuevo valor r^2 fue de 77,97%; este valor ratifica el buen ajuste del diseño planteado por ser superior al 70%.

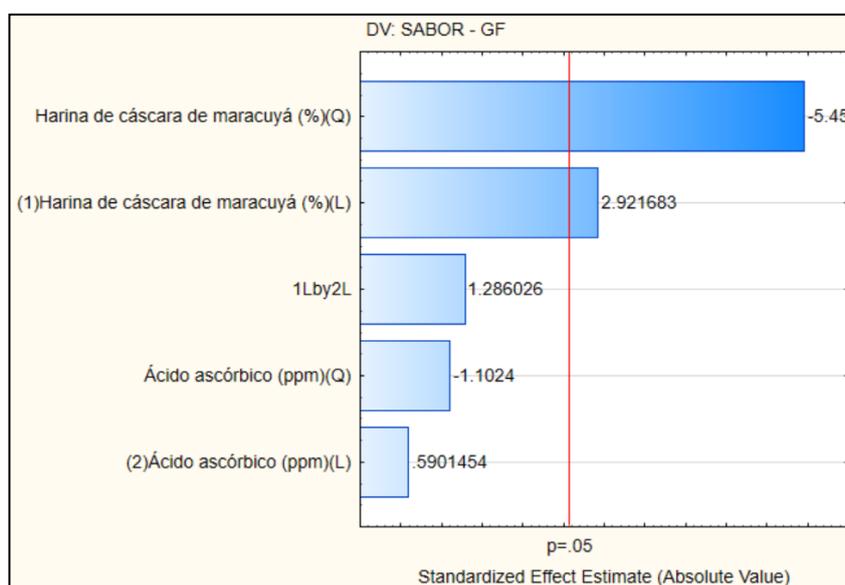


Figura 81: Diagrama de Pareto para el atributo sabor de galleta fortificada

Tabla 100: ANOVA para el atributo SABOR de galleta fortificada

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
(1)HCMr (%) (L)	0,276909	1	0,276909	8,53623	0,032949
HCMr (%) (Q)	0,964368	1	0,964368	29,72847	0,002821
(2)ÁAs (ppm) (L)	0,011298	1	0,011298	0,34827	0,580754
ÁAs (ppm) (Q)	0,039423	1	0,039423	1,21528	0,320501
1L * 2L	0,053650	1	0,053650	1,65386	0,254766
Error	0,162196	5	0,032439		
Total SS	1,507844	10			

Fuente: Estadística v. 12.0

El análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 100, representa el modelo para la variable respuesta **sabor** de galleta fortificada al término lineal y cuadrático de HCMr con evidencia estadística significativa ($p < 0,05$), además el valor de r^2 fue de 0,7792 mayor a 70%, permitiendo la representación de la superficie de respuesta (figura 82).

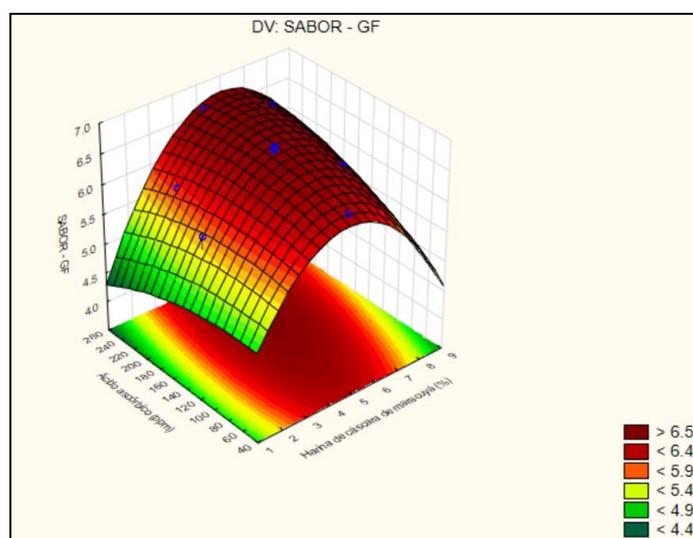


Figura 82: Superficie de respuesta para sabor de galleta fortificada

Con los resultados obtenidos de coeficientes de regresión y ANOVA, se construyó un modelo codificado expresado en la ecuación siguiente.

$$\text{Sabor GF} = 6,711 + 0,188x_1 - 0,774x_1^2 + 0,065x_2 - 0,087x_2^2 + 0,222x_1 \cdot x_2 \dots \dots \dots (26)$$

La superficie de respuesta de la figura 82 representa la optimización del valor máximo de la puntuación del atributo **sabor** de galleta fortificada, por lo que puede calcularse los valores óptimos de HCMr y AAs que se debe utilizar para lograr una galleta fortificada con el mejor puntaje de **sabor**.

Para obtener esas concentraciones derivamos la ecuación (26) en función de las variables estudiadas, como se detalla:

Para el caso de la variable x_1 (harina de cáscara de maracuyá):

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.188 - 1.548x_1 = 0$$

$$x_1 = 0.12$$

Para el caso de la variable x_2 (ácido ascórbico):

$$\frac{dy}{dx_2} = -0.174x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Teniendo en cuenta que x_1 y x_2 son valores codificados, entonces se debe calcular los valores reales utilizando el planeamiento estadístico mostrado en la tabla 13. Para que la galleta fortificada presente mayor puntaje del atributo **sabor** los valores óptimos de HCMr y AAs serán de 5,24% y 150 ppm respectivamente.

Teniendo en cuenta los valores promedio de la evaluación organoléptica de la galleta fortificada, mostrados en el anexo 9, los tratamientos que presentaron los mayores puntajes de los atributos color, aroma, apariencia general, textura y sabor fueron T8 (con puntaje de 4,03 de intención de compra), T11 (3,95) y T10 (3,91), este puntaje de intención de compra implica que los jueces determinaron al producto como “posiblemente lo compraría”.

Según el software STATISTICA, al evaluar los resultados del análisis organoléptico, para el atributo color de galleta fortificada, la mejor puntuación (7,09) por parte de los jueces fue cuando se utilizó 5,24% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

En el atributo aroma, la selección de algún tratamiento con sus respectivos niveles de HCMr y AAs no conllevará a una diferencia estadística en el producto

elaborado.

Para el atributo apariencia general, la mejor puntuación (7,23) por parte de los jueces fue cuando se utilice 5,22% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente”.

Para el caso del atributo textura, la selección de algún tratamiento con sus respectivos niveles de HCMr y AAs no conllevará a una diferencia estadística en la galleta fortificada elaborada.

Para el caso del atributo sabor, la mejor puntuación (6,77) por parte de los jueces fue cuando se utilice 5,24% de HCMr y 150 ppm de AAs, que corresponde entre “me gusta moderadamente”.

Con lo descrito y el análisis estadístico realizado con el software STATISITCA se puede deducir que la galleta fortificada tiene aceptabilidad general por parte de los consumidores por la puntuación obtenida organolépticamente.

Además los valores fisicoquímicos encontrados como volumen específico, humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra dietaria total, fibra dietaria insoluble, fibra dietaria soluble, perfil de textura experimental, polifenoles totales y capacidad antioxidante evaluados le confieren a la galleta fortificada como adecuada, muy nutritivo y saludable, al haber utilizado aceite de girasol en reemplazo de manteca.

“El grado de satisfacción o aceptabilidad de un producto es medido a partir de las características: color, olor, sabor y textura pero sobre todos es la valoración que el consumidor realiza de acuerdo a su propia escala interna de apreciación al producto” (Anzaldúa, 1994).

En la industria alimentaria se está empleado algunas técnicas para adicionar otras harinas, mejorando los atributos organolépticos (textura, sabor, olor, color) del producto elaborado, tal es el caso de adicionar harina de frutas para enriquecer el contenido de fibra en la elaboración de galletas y otros productos de panificación (Torres-González *et al.*, 2014).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Los valores fisicoquímicos de la harina de cáscara de maracuyá (HCMr) variedad amarillo fueron: humedad ($11,25\% \pm 0,035$), proteína ($5,14\% \pm 0,015$), grasa ($0,60\% \pm 0,017$), cenizas ($4,93\% \pm 0,024$), Fibra dietaria total ($63,88\% \pm 1,088$), fibra dietaria insoluble ($49,53\% \pm 1,214$), fibra dietaria soluble ($14,76\% \pm 0,138$), polifenoles totales ($504,75 \text{ mg G.A.E./100 g} \pm 1,195$), capacidad antioxidante ($1520.49 \text{ } \mu\text{mol ET/100 g} \pm 1,545$).
- ✓ La capacidad de retención de agua (CRA) de la harina de cáscara de maracuyá variedad amarillo con tamaño de partícula de $250 \text{ } \mu\text{m}$ fue de $12,93 \text{ mL agua retenida/g muestra} \pm 0,015$.
- ✓ La capacidad de adsorción de aceite (CAAc) de la harina de cáscara de maracuyá variedad amarillo con tamaño de partícula de $250 \text{ } \mu\text{m}$ fue de $2,89 \text{ mL aceite retenido/g muestra} \pm 0,021$.
- ✓ Los análisis reológicos de la harina de trigo especial para pan de molde determinaron una harina fuerte para soportar el amasado y así medir el índice de tolerancia que presente el gluten; y de la harina pastelera para galleta fortificada comprobaron alto índice de gelatinización, masa no resistente con buena absorción de agua y con tendencia a estirarse y volver a su estado original, y con facilidad de romperse.
- ✓ Los tratamientos T5 (2% HCMr y 150 ppm AAs) y T3 (3% HCMr y 220 ppm AAs) con alturas de 95,4 mm y 94 mm respectivamente, son los más cercanos al tratamiento control (97,2 mm); esto comprueba que la HCMr influyó en altura y volumen de los panes de molde.
- ✓ Según la evaluación estadística por el método de superficie de respuesta se comprobó que la sustitución con harina de cáscara de maracuyá en la producción de panes de molde y galletas fortificadas tuvo influencia significativa ($p < 0,05$) y el uso de porcentajes superiores a 5% los valores de volumen específico descienden considerablemente; al adicionar ácido ascórbico el volumen específico tuvo influencia significativa en los panes de molde y no en galletas fortificadas.
- ✓ La metodología de superficie de respuesta demuestran evidencia estadística en los panes de molde y galletas fortificadas cuando se utilizó porcentajes

mayores a 5% de HCMr aumentando los valores de humedad, la adición de ácido ascórbico no tuvo influencia.

- ✓ Para los panes de molde los valores de proteína fueron mayores a 10,9% y cenizas entre 3 a 3,4% cuando se utilizaron 3 a 5% de HCMr y 120 a 250 ppm de AAs; para grasa los niveles de HCMr y la adición de ácido ascórbico no tuvieron diferencias significativas.
- ✓ Para galleta fortificada los valores de proteína, grasa y cenizas los niveles de HCMr y la adición de ácido ascórbico no tuvieron influencia estadística que condujera a una diferencia en el producto final.
- ✓ El menor valor de dureza de los panes de molde fue cuando se utilizó 4,6% de HCMr y 144,9 ppm de AAs y para galleta fortificada fue con 4,76% de HCMr y 142,8 ppm de AAs
- ✓ El menor valor de firmeza de los panes de molde fue cuando se utilizó 4,5% de HCMr y 144,9 ppm de AAs y el menor valor de masticabilidad de los panes de molde fue cuando se utilizó 4,44% de HCMr y 144,9 ppm de AAs.
- ✓ El mínimo valor de fracturabilidad de la galleta fortificada fue cuando se empleó 4,66% de HCMr y 143,1 ppm de AAs.
- ✓ En lo que respecta a fibra dietética total (FDT) en panes de molde el uso de harina de cáscara de maracuyá tuvo influencia significativa pues con valores mayores a 5% de esta harina se obtienen valores superiores a 5,75%; y en galletas fortificadas con 5% de HCMr se obtiene valores mayores a 4,75%. Con esto se puede catalogar a los productos elaborados como ricos en fibra dietaria.
- ✓ Los valores del contenido total de polifenoles fueron mayores a 109,72 y 61,4 mg GAE/100g, capacidad antioxidante valores mayores a 411,52 y 342,6 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ para pan de molde y galletas respetivamente con sustituciones mayores a 5% de HCMr, pero estadísticamente no hubo significancia que evidenciaron una diferencia de estos componentes en ambos productos elaborados; la adición de ácido ascórbico no mostró influencia estadística.
- ✓ Para el atributo color del pan de molde la mayor puntuación sensorial se logró con la concentración óptima de 5,5% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 7,21 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”; y para galleta fortificada con la concentración óptima de 5,24% HCMr y 150

ppm AAs, cuyo valor fue de 7,09 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”

- ✓ Para el atributo aroma, la puntuación del panel no conllevó a diferencia estadística significativa entre tratamientos, por tanto no existió diferencia en el producto final en este atributo, tanto para pan de molde y galleta fortificada.
- ✓ Para el atributo apariencia general del pan de molde la mayor puntuación sensorial se logró con la concentración óptima de 5,32% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 7,35 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”; y para galleta fortificada con la concentración óptima de 5,22% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 7,23 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”.
- ✓ Para el atributo textura del pan de molde la mayor puntuación sensorial se logró con la concentración óptima de 5% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 7,07 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”; y para galleta fortificada la puntuación del panel no condujo a diferencia estadística de este atributo.
- ✓ Para el atributo sabor del pan de molde la mayor puntuación sensorial se logró con la concentración óptima de 5,2% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 7,13 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”; y para galleta fortificada de con la concentración óptima de 5,24% HCMr y 150 ppm AAs, cuyo valor fue de 6,77 y según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente”.
- ✓ Los productos elaborados tuvieron aceptabilidad sensorial que según la escala hedónica corresponde a “me gusta moderadamente” y la intención de compra “ciertamente lo compraría”, además los parámetros fisicoquímicos encuadran al producto como nutritivo y saludable, que puede ser consumido por niños y adultos.
- ✓ La sustitución de los panes de molde y galletas fortificadas con HCMr, adición de AAs y el uso de aceite de girasol en reemplazo de manteca en las formulaciones base conllevaron a mejorar las características sensoriales; eso se evidenció con los resultados obtenidos.

5.2.Recomendaciones

- ✓ Para profundizar su evaluación estricta de compuestos bioactivos de la harina de cáscara de maracuyá se debe investigar este producto como liofilizado en la sustitución de productos de panificación y similares.
- ✓ Se puede estudiar la sustitución de productos de panificación con esta harina de cáscara de maracuyá y con otra harina de un seudocereal, a fin de evaluar su comportamiento proteico y de fibra dietaria.
- ✓ Para que el producto de panificación sea completamente saludable y no contener octógonos en su etiqueta, se debe limitar el uso de azúcares y en reemplazo adicionar edulcorantes, también reemplazar manteca por aceite de oliva, por su importante composición de ácidos graso monoinsaturados.
- ✓ El reemplazo de manteca por aceite de girasol en productos de panificación, conllevaría a evaluar el perfil lipídico del producto elaborado para determinar su composición de ácidos grasos y evaluar su calidad final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, D. (2010). Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad complejo nacional por trinitario. (Título profesional, Universidad Técnica Particular de Loja). Repositorio Institucional UPTL. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/13014>.
- Acevedo, D.; Gonzáles, K.; Torres, J. (2014). *Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos*. Cali-Valle, Colombia. Revista ReCiTelA.V.14. n. 2. p. 65. <http://revistareciteia.es.tl/>.
- Acosta V. (2013). Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (*Triticum vulgare*), con adición de gluten vital. (Título profesional, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6578/1/AL%20517.pdf>
- Addosio R.D., Páez G., Marín M., Mármol Z. y Ferrer J. (2005). Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa* Degener). (Título profesional, Universidad del Zulia). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-7818200500030004
- AGRODATAPERU. (2019). Estadísticas exportación de pulpa de maracuyá en el 2017-2018. Extraído de <https://www.agrodataperu.com/2017/12/maracuya-pulpa-peru-exportacion-2017-noviembre.html>. Consultado el 18/07/2019.
- Alarcón, R. (2013) *Métodos y diseños de investigación del comportamiento*. 2ª edición. Edit. Lima. Universidad Ricardo Palma. Lima. 418 p.
- Alasino M, Osella C, De la Torre M y Sánchez H. (2011). *Efecto de Oxidantes y Emulsionantes sobre la Calidad del Pan elaborado con incorporación de Harina de Arvejas (*Pisum sativum*) inactivadas enzimáticamente*. Revista Información Tecnológica, vol. 22 (1), 41-50. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642011000100006.
- Alonso M, Ramírez C y Rigal L. (2012). *Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 18(3):449-457. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182012000300015.

- Andrade, J.K.S. & de O. Barretto, L.C. & Denadai, M & Narain, Narendra & dos Santos, J.A.B. (2018). *Harnessing passion fruit peel flour (Passiflora edulis f. Flavicarpa) for the preparation of stuffed cookies*. Acta Horticulturae. 1198. 205-212. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1198.33>
- Ángelo, P. M., y Jorge, N. (2007). *Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão*. Rev. Inst. Adolfo Lutz, v. 66, n.1, p. 1 - 9. <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Primera edición. Editorial: Acribia. 198 p.
- AOAC, 2006. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. AOAC International, Maryland, USA.
- Arroyave LM, Esguerra C. (2006). Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación. (Título profesional, Universidad de La Salle). Repositorio de tesis de la Universidad de La Salle. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15521/T43.06%20A69u.pdf?sequence=1>.
- Arteaga P y Silva A. (2015). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* SWEET) y harina de cascara de maracuyá (*Passiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes. (Título profesional, Universidad Nacional del Santa) Repositorio de tesis de la Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2625>.
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. Cuarta edición. Pearson educación. México. 738 p.
- Bajaña, S. y Setti D. (2015). Sustitución Parcial de la Harina de Trigo por Harina de Banano y su Efecto en las Propiedades Fisicoquímicas del Pan Tipo Molde (Título profesional, Escuela Superior Politécnica del Ecuador). Repositorio Dspace. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/29851>.
- Baños, B. (2007). Caracterización reológicas de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble. (Título profesional, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). Repositorio UAEH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/509>
- Barea M. (2015). Caracterización, capacidad antioxidante y perfil fenólico de frutas subtropicales producidas y comercializadas en la costa de Granada –

- Málaga. (Tesis doctoral, Universidad de Granada). Repositorio de tesis de la Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/43567>.
- Barrantes M y Peche Y. 2018. Actividad antioxidante y antihemolítica in vitro del liofilizado de *Passiflora incarnata* “maracuyá”. (Título profesional, Universidad Guillermo Urrelo. Repositorio de tesis de la Universidad Guillermo Urrelo. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/801>.
- Barrera G.N., Bassi E., Reyes-Martínez R.J., León A.E., Ribotta P.D. (2012). *Effects of different fractions of wheat flour bread obtained with industrial mill on the quality of sweet cookies*. *Agriscientia*, 29, 2: 69-79. https://www.researchgate.net/publication/286312131_Effects_of_different_fractions_of_wheat_flour_produced_in_an_industrial_mill_on_cookies_quality.
- Bello J. (2000). *Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid. España. 573 p.
- Bertagnolli S, Silveira M, Fogaca A, Umann L and Penna N. (2014). *Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour*. *Food Sci. Technol, Campinas*, 34(2): 303-308. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0046>.
- Biesaga M. (2011). *Influence of extraction methods on stability of flavonoids*. *J Chromatogr A*; 1218(18):2505-2512. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.02.059>
- Botelho, L., A. Da Conceição, y V. De Carvalho. (2002). *Caracterização de fibras alimentares da casca e Cilindro central do abacaxi ‘smooth cayenne*. *Ciênc. Agrotec*. 26:362-367.
- Brabender (2011). *Manual de Instrucciones FARINOGRAPH - AT*. Alemania.
- Brewer, M. S. (2011). *Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 221–247. <https://doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00156>.
- Caballero, M y Escobedo, A. (2019). Actividad antioxidante de una bebida refrescante elaborado a partir de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio de tesis de la Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3385>.

- Cabeza, R. (2009). Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. (Tesis de maestría, Universidad de Burgos). Repositorio de la Universidad de Burgos. <http://hdl.handle.net/10259.1/117>.
- Calderón, V y Noriega, V. (2017). Obtención de harina de los residuos de frutas con mayor poder antioxidante y antimicrobiano. (Título profesional, Universidad de Guayaquil). Repositorio de tesis de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18336>.
- Callejo, M. J. (2010). Industrias de Cereales y Derivados. Ed. AMV-Mundi-Prensa, Madrid.
- CANIMOLT. (2020). Harinas de trigo. Disponible en <http://www.canimolt.org/harina>.
- Canteri M.H., A. Scheer, C. Petkowicz, C. Ginies, C. Renard y G. Wosiacki. (2010). *Physicochemical composition of the yellow passion fruit pericarp fractions and respective pectic substances*. Journal of Food and Nutrition Research Vol. 49, 2010, No. 3, pp. 113– 122. <https://hal.inrae.fr/hal-02669062>
- Cañizares A. y Jaramillo, E. (2015). El Cultivo de la Maracuyá en el Ecuador. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. 82 p.
- Carbajal A. (2013). Manual de nutrición y dietética. Departamento de nutrición. Universidad Complutense de Madrid. 367 p. <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal>.
- Cartea ME, Francisco M, Soengas P, Velasco P. (2010). *Phenolic compounds in Brassica vegetables*. Molecules; 16 (1):251-280. <https://doi.org/10.3390/molecules16010251>
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2009). Tecnología de panificación. Sao Paulo. Brasil, Editora Manole.
- Cayo E y Matos A. (2009). *Obtención de fibra insoluble a partir de cáscaras de naranja (Citrus sinensis)*. Revista de investigación Vol. 1, 25-30. <https://doi.org/10.17162/riu.v1i1.8>.
- Cazares, M.J. (2011). Evaluación fisicoquímica y farinográfica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida en los pasajes de molienda de la industria “Molinos Miraflores”. (Título profesional, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio de la Universidad de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/834>
- Centro Experimental “Dr. Jesús Aguilar Paz”. (2002). El Cultivo de maracuyá (*Passiflora Edulis Sims*). Honduras. 7 p.

- Charro, R. F. (2009). Análisis Reológico de las Diferentes Fracciones de Harina Obtenidas en la Molienda del Grano de Trigo. (Título profesional, Universidad de Salamanca). Repositorio documental de la Universidad de Salamanca. <http://hdl.handle.net/10366/56078>
- Chawla, R., Patil, G. R. (2010). *Soluble fiber dietary*. Food. Sci. Food Saf. 9(2):178-196. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00099.x>.
- Chun OK, Chung SJ, Song WO. (2007). *Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of US adults*. J Nutr; 137(5):1244-1252. <https://doi.org/10.1093/jn/137.5.1244>.
- Chung J, Muro N, Ontaneda M, Palas S y Rodríguez S. (2019). Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina a base de la cáscara de maracuyá en Quicornac S.A.C. (Proyecto educativo, Universidad de Piura). Repositorio institucional de la Universidad de Piura. Piura. <https://hdl.handle.net/11042/3829>.
- CIAL (Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación). (2011). Curso de análisis sensorial de alimentos. México: Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/63961/1/358508.pdf>.
- Codex Alimentarius (2010). Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985. Roma: FAO. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252F>.
- Coronel L y Villalva F. (2011). Alimentación sana como factor importante en el rendimiento escolar de los estudiantes. (Título profesional, Universidad Estatal de Milagro). Repositorio institucional de la Universidad Estatal de Milagro. <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/331>.
- Cruz, C. (2020). Desarrollo de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de achochcha (*Cyclanthera pedata*) y cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). (Título profesional, Universidad Católica de Guayaquil). Repositorio digital. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15580>.
- Cruz A, Guamán M, Castillo M, Glorio P y Martínez R. (2015). *Fibra dietaria en subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito*. Revista politécnica. Vol. 36, N°2. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/633.

- De la Cruz, W. (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. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio institucional. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1742>
- De simas K.N. et al. (2009). *Effect of King Palm (Archontophoenix alexandrae) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies*. International Journal of Food Science & Technology, 44, 1: 531-538. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01840.x>.
- Decker, E.A. (1997). Phenolics: ¿prooxidants or antioxidants? Nutritional Reviews. 55 (1): 396-398. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1997.tb01580.x>.
- Dello Staffolo M (2003). Desarrollo de un alimento funcional. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad microbiológica y sensorial en yogures adicionados con fibra dietética alimentaria. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata). Repositorio institucional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2717>.
- Díaz C y Flores E. (2017). Influencia de la adición de harina de cascara de maracuya (*Pasiflora Edulis*), variedad flavicarpa y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde. (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio de la Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3169>.
- Díaz J. A. (2002). Análisis del mercado internacional de aceites esenciales y aceites vegetales. Instituto Alexander Von Humboldt - Biocomercio Sostenible. Bogotá. 85 p.
- Dowell FE, Maghurang EB, Pierce RO, Lookhart GL, Bean SR, Xie F, Caley MS, Wilson JD, Seabourn BW, Ram MS, Park SH, Chung OK (2008) Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. Cereal Chem. 85: 82-91. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0082>.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibrerich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chem., 124(2), 411 421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>.
- Escobar, V. G. (2006). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por salvado y germinado de trigo en galletas dulces de habas (*Vicia Faba* L.).

- (Título profesional, Universidad Nacional del Callao). Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Callao. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/425>.
- Escobedo G. (2013). Valorización de la cáscara de maracuyá (*passiflora edulis f. flavicarpa* deg.) como subproducto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico. (Título profesional, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Repositorio Dspace. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/491>
- Escudero, E. y González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutr Hosp.* 21(2):61-72. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es
- Espinoza, J. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. La Habana, Cuba, Editorial Universitaria. 116 p.
- FAO. (2015). Alimentación saludable. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en www.fao.org/nutrition/educación-nutricional/food-dietary-guidelines.
- Fennema O. (2010). Química de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Fernández S. (2013). Estudio de la textura de tres quesos azules asturianos. Análisis instrumental y organoléptico. (Tesis de maestría, Universidad de Oviedo). Repositorio institucional de la Universidad de Oviedo. <http://hdl.handle.net/10651/18237>
- Ferrari R, Colussi F & Ayub R. (2004). Characterization of by-products of passion fruit industrialization utilization of seeds. *Revista Brasileira de Fruticultura.* 26 (1), 101-102. <https://www.researchgate.net/publication/262587812>.
- Franco I y Hernández, O. (2016). Efectos sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca (*Manihot esculenta*). *Revistas Académicas.* 12(2): 56 - 67. <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/idtecnologico/article/view/1236/html>.
- Fuller, S., Beck, E., Salman, H., Tapsell, L. (2016). New Horizons for the study of dietary fiber and health: A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 71(1):1-12. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0529-6>
- Gani A. *et al.* (2014). Effect of whey and casein protein hydrolysates on rheological, textural and sensory properties of cookies. *Journal of Food*

Science and Technology, 52, 9: 5718-5726. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs13197-014-1649-3>.

- García D. (2021). Determinación de la vida útil del pan de molde libre de gluten con quinua (*Chenopodium quinoa*). (Tesis de maestría, UNALM). Repositorio institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4617>.
- García M. (2002). Guía Técnica: Cultivo de maracuyá amarillo. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. 33 p..
- García, A. y Pacheco, E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B. B.) Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 60 (2):4195-4212. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914078020>.
- Grass, P; Carpenter, H. & Anderssen, R. (2000). Modelling the developmental rheology of wheat flour dough using extension test. Journal of Cereal Science, 31 (1), 1-13. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1999.0293>.
- Guillon, F., & Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. Food Research International, 33(3), 233-245. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00003](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00003).
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. & Emanuelsson, A. (2013). The methodology of the FAO study: global food losses and food waste - extent, causes and prevention, SIK. http://www.sik.se/archive/pdf-filerkatalog/SR_857.pdf.
- Hanasaki, Y., Ogawa, S., y Fukui, S. (1994). The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. Free Radical biology and medicine, 16 (6), 845-850. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)90202-x](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)90202-x).
- Harborne JB, Williams CA. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry 2000; 55(6):481-504. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00235-1).
- Heno Osorio, Sergio y Aristizábal Galvis, Johanna (2009). Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en la panificación. Ingeniería e Investigación, 29(1),39-46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64329106>.

- Hernández R, Fernández C y Baptista M. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. Edit. Mc Graw Hill. México. 634 p.
- Hidalgo V y Pérez F. (2018). Galletas fortificadas con harina de maca (*Lepidium Meyenii*) y kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) y evaluación de características fisicoquímica sensoriales. (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio institucional de la UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3171>.
- 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.*). Facultad de Ciencias Agropecuarias 8(2): 46-56. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000200007&lng=en.
- Ibáñez, F y Barcina, Y. (2001). Análisis Sensorial de Alimentos: Métodos y Aplicaciones. 2 ed. Editorial Springer.181p.
- Ivana, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*salvia hispanica* l.) aplicación en tecnología de alimentos. (Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata). Repositorio institucional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26984>.
- Izquierdo, A; Armenteros, M; Lancés, L & Martín, I. (2004). Alimentación saludable. Revista Cubana de Enfermería, 20(1), 1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-Ing=es&tlng=es.
- Izquierdo N G, Aguirrezábal L A N, Andrade F H, Geroudet C, Valentinuz O, Pereyra, Iraola M (2009). Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. Original Research Article Field Crops Research, 114(1): 66-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.007>.
- Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-free cookies made from raw and germinated Chenopodium (*Chenopodium album*) flour. LWT-Food Sci Technol, 71, 281-287. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.lwt.2016.04.001>.
- Jones, J. M. (2013). Dietary Fiber Future Directions: Integrating New Definitions and Findings to Inform Nutrition Research and Communication. *Advances in Nutrition* 4(1), pp. 8-15. <https://dx.doi.org/10.3945%2Fan.112.002907>.
- Jurado B, Aparcama I, Villarreal L, Ramos E, Calixto M, Hurtado P Acosta K. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad

- antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. Rev. Soc. Quím. Perú. 82(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i3.58>.
- Kehrer JP, Robertson JD, Smith CV. (2010). Free Radicals and Reactive Oxygen Species. En: Charlene A. McQueen, editor. Comprehensive Toxicology Oxford: Elsevier. p. 277-307. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.01895-X>.
- Kucerova V, Sottnikova and Nedomova S. (2013). Influence of Dietary Fibre Addition on the Rheological and Sensory Properties of Dough and Bakery Products. Czech J. Food Sci. Vol. 31, No. 4: 340–346. <http://dx.doi.org/10.17221/352/2012-CJFS>.
- Landete JM. (2011). Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: A review about source, metabolism, functions and health. Food Res Int; 44(5):1150-1160. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.027>.
- Lázaro M y Domínguez C. (2019). Guías Alimentarias para la Población Peruana. MINSA. Instituto Nacional de Salud. Perú. 55 p.
- Lira J. (12 de abril de 2019). PROMPERU busca que maracuyá sea una “estrella exportadora. Diario Gestión. <https://gestion.pe/economia/promperu-busca-maracuya-sea-estrella-exportadora-237936>
- López H. (2007), Elaboración de galletas de trigo fortificadas con harina, aislado y concentrado de *Lupinus mutabilis* (tarwi). (Título profesional, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). UAEH Biblioteca digital. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/598>.
- López, H. (2015). "Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo (*Triticum aestivum*), con harina de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pesium sativum*) para la elaboración de pan de molde integral. (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio institucional UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1978>.
- Loza A. (2016). Elaboración de galletas saladas con sustitución parcial la harina de trigo por harina de plátano (*musa paradisiaca*) y adición de semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum*). (Título profesional, Universidad Agraria de la Selva). Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1009>.

- Luna, G. (2014). Obtención de balanceado a partir de los desechos del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) para ganado vacuno. (Título profesional, Universidad Central del Ecuador. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3778>.
- Magaña, E; Ramírez, B; Torres, P; Sánchez, D; López, J. 2011. Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad de pan tipo francés. *Interciencia* 36(4):248-255. <https://www.researchgate.net/publication/237033092>.
- Magdalena F. (2013). Harinas fuerza, media fuerza, floja, panificable. <https://delahuertaalacazuela.blogspot.pe/2013/05/harinas-fuerzamedia-fuerza-floja.html>
- Malacrida, C., & Neuza, J. (2012). Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa*): Physical and chemical characteristics. *Braz Arch Biol Technol*, 55(1), 127-134. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132012000100016>.
- Malca, O. (2000). Seminario de agronegocios maracuyá. Universidad del Pacífico. Perú. <http://www.upbusiness.net/Upbusiness/docs/mercados/10.pdf>
- Manual Megazyme. (2011). "TOTAL DIETARY FIBRE" Assay procedure, K-TDFR.
- Mariño A, Núñez M y Gámez A. (2015). Alimentación saludable. Artículo de revisión. La Habana: Ed. MINSAP/INHA.
- Martínez V, Periago M, Ros G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 5 – 18. https://www.researchgate.net/publication/262551532_Significado_nutricional_de_los_compuestos_fenolicos_de_la_dieta.
- Matsuura, F. (2005). Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais. (Tesis doctoral, Universidade Estadual de Campinas). Repositorio institucional UNICAM. <http://repositorio.unicam.br/jspui/handle/REPOSIP/254407>.
- Méndez C. (2001) Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales. 4a edición. Ed. Limusa. México. 351 p.
- Méndez V. (2018). Comparación de cuatro líneas de trigo con harinas comerciales en relación a su perfil de textura, tiempo de amasado y volumen de fermentación. (Título profesional, Universidad Autónoma de México). Repositorio institucional UAM. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/95075>.

- Miguel E. (2008). Obtención de fibra dietética a partir de piña (*Ananas comosus*) del cultivar cayena lisa. (Título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú). Repositorio UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2632>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. (1991). Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Costa Rica: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola: 30-32. 29.
- Ministerio de Salud. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. NTS N° 088 MINS/DIGESA-V.OI, aprobada mediante R.M. No 1020-2010/MINSA1. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental.
- Montenegro S, Ararat M y Betancur J. (2015). Cachaza y carbonilla: residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(1):84-90. <http://dx.doi.org/10.22490/21456453.1265>
- Montenegro, F. M y Ormenese, R. C. (2008). Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo. Campinas: Cereal Chocotec ITAL. 62 p.
- Montoro P, Bracca A, Pizzaa C, De Tommasi N. (2005). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. Food Chem; 92(2):349-355. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.028>.
- Mora, A. (2000). Diseños de Tratamientos Aplicados a Ensayos de Propagación in vitro con Cultivos de Tejidos Vegetales. En: Vielma, M.T. Cultivos de Tejidos Vegetales. Manual de Laboratorio. Mérida.
- Moreira A. (2014). Obtencao e Caracterizacao da Farinha de Castanha (*castanea spp.*) e seu potencial de aplica~ao em productos de panificacao. (Tesis de maestría, Universidad Estadual De Campinas. Biblioteca digital UNICAMP. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256009>.
- Moreno C. (2017). Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.), variedad kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde. (Tesis doctoral, Universidad Nacional del Santa. Repositorio insitucional de la Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3037>.
- Mudgil, D., Sheweta, B., & Khatkar, B. (2017). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking

- time and different water levels. *LWT - Food Science and Technology*.
Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.009>.
- Murga J y Sánchez I. (2013). Efecto de la adición de ácido ascórbico de la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio institucional de la UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2433>
- N.T.P. 205.027: 1986. Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial. Formato disponible HTML. http://tuxdoc.com/download/ntp-2050271986-harina-de-trigo_pdf.
- Navarro Martínez, J., & Pereira Jalilie, S. (2020). Elaboración y caracterización de pan de molde a base de harina de chía (salvia hispánica L.) y quinua (*Chenopodium quinoa* wild). *Revista Gipama*, 2(1), 44–53. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3236>.
- Nitzke, J y Silveira, R. (2012). Procesamiento de alimentos de origen vegetal. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos-ICTA. Ingeniería de alimentos. Universidad federal de Rio Grande, Brasil.
- Nolasco S M (2008). La naturaleza al servicio de la salud. Énfasis. Alimentación Latinoamericana, XIV (4): 68-74.
- NTP 205.040:2016 Título: HARINAS SUCEDÁNEAS DE LA HARINA DE TRIGO. Generalidades. 3ª Edición. Lima Perú.
- Núñez J. (2014). Extracción, cuantificación, caracterización fisicoquímica y funcional de fibra dietaria obtenida a partir de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg). Título profesional, Universidad San Francisco de Quito. Repositorio digital USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2860>.
- Obasi, O & Ifediba, I. (2018). Nutritional and Sensory Evaluation of High Fiber Biscuits Produced from Blends of African Breadfruit, Maize and Coconut Flours. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre)*, Vol 4 (3). <https://doi.org/10.7324/IJASRE.2018.32634>.
- Ocampo J. (2015). Elaboración de galletas integrales enriquecidas con quinua (*Chenopodium quinoa* L.) y pasta de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) edulcoradas con panela. (Título profesional, Universidad Nacional de San Martín. Repositorio institucional de la UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/533>

- Ochoa-Velasco, C.E.; García-Vidal V.; Luna-Guevara J. J.; Luna-Guevara M. L.; Hernández-Carranza P.; Guerrero-Beltrán J.Á. (2012). Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria* 3(4), 279 – 289. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.04.02>.
- Orihuela D. y Matos, A. (2011). Propiedades funcionales de la fibra dietética. I Congreso Nacional de Investigación. Universidad Peruana Unión. 1-11.
- Palma D, Zavala J, Cámara J, Ruiz E y Salgado S. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para elaboración de abonos orgánicos. *Agroproductividad*, 9(7):29-34. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/782>.
- Palomino, L., García C., Gil. J., Rojano, B., Durango, R. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Vitae*, 16(3):388-395. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000300013.
- Pantanelli, A. (2009). Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo. Disponible en: <http://www.roagro.com.ar/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc>
- Papandreou, Dimitrios & Qureshi, Zujaja-Tul-Noor & Rashed, Maitha. (2015). The Role of Soluble, Insoluble Fibers and Their Bioactive Compounds in Cancer: A Mini Review. *Food and Nutrition Sciences*. 06. 1-11.
- Pardo A. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en la pulpa del maracuyá (*Passiflora edulis*). (Título profesional, Universidad de Machala. Repositorio institucional de la Universidad de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2879>.
- Park, J. H.; Lee, M.; Park, E. (2014). Antioxidant activity of orange flesh and peel extracted with various solvents. *Prev. Nutr. Food Sci.* 19(4):291-298. <https://dx.doi.org/10.3746%2Fpnf.2014.19.4.291>.
- Paucar U. (2014). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.). (Título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1887>.

- Penfield M. & Campbell A. (1990). *Experimental Food Science*. Academic Press: New York.
- Pietta, G. P. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*. 63 (7), 1035-1042. <https://doi.org/10.1021/np9904509>.
- Pimentel, L. (2015). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de brácteas de alcachofa (*Cynara scolymus*) sobre el contenido de fibra cruda, firmeza instrumental y aceptabilidad general de galletas dulces. (Título profesional, Universidad Privada Antenor Orrego). Repositorio de tesis UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/857>.
- Pinta E. (2015). Utilización de diferentes niveles de harina de cáscara de *Passiflora edulis* (maracuyá) y su efecto en la alimentación de conejos neozelandés desde el destete hasta el inicio de la vida reproductiva. (Título profesional, Escuela superior politécnica de Chimborazo). Repositorio digital ESPCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5250>.
- Piscoya C. (2002). Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con Calcio en 2 concentraciones diferentes. (Título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Repositorio de tesis digitales UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1170>
- Plaza N, Tarira M y Terán L. (2010). Proyecto de producción y comercialización de la harina de cáscara de maracuyá para el mercado local. (Título profesional, Escuela Superior Politécnica del Litoral). Biblioteca digital. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10461>
- Polanco A. (2017). Extracción, modificación y caracterización de proteínas de amaranto. (Tesis de maestría, Universidad Veracruzana). Biblioteca digital de la Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/Tesis-Ana-Isabel-Polanco-Murrieta.pdf>.
- Pomare E, Branch W & Cummings J (1985). Carbohydrate fermentation in the human colon and its relation to acetate concentrations in venous blood. *J Clin Invest* 75, 1448. <https://doi.org/10.1172/jci111847>.
- Pomeranz, Y. (1988). *Wheat chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, EEUU.
- Popov-Raljić, Jovanka & Mastilović, Jasna & Lalicic, Jovanka & Kevrešan, Tjarko & Demin, Mirjana. (2013). Scientific paper Sensory and color properties of dietary cookies with different fiber sources during 180 days of storage. *Hem.*

- Ind. 67(1): 123-134. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2013/0367-598X1200047P.pdf>.
- Quaglia G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acriba: Zaragoza, España. 485 p.
- Quintero, K. (2013). Niveles de Harina de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis*) en Elaboración de yogurt natural. Finca Experimental La María, Mocache-Ecuador 2013. (Título profesional, Universidad Técnica Estatal de Quevedo). Repositorio institucional de la UTEQ. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/320>.
- Ramírez, M., (2011). Desarrollo de un pan “cubilete”, adicionado de semillas de Chía (*Salvia hispanica* L.), como fuente de fibra para niños en edad escolar. V Congreso internacional de ingeniería bioquímica – México.
- Ramírez-Navas, Juan. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Revista ReCiTeIA. 12. 83-102. https://www.researchgate.net/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor
- Recalde H y Rodríguez M. (2003). Utilización de las enzimas α -Amilasas y Xilanasas con Ácido L-Ascórbico como mejorantes de las cualidades panarias en la harina de trigo. (Título profesional, Universidad Técnica de Ambato). <https://docplayer.es/111686053-Universidad-tecnica-de-ambato.html>.
- Redondo, L. 2002. Propiedades de la Fibra Dietética. En: La Fibra Terapéutica (eds). Glosa: Barcelona, pp. 29-51.
- Rentería, J. 2014. Procesamiento de frutas de maracuyá (*Passiflora edulis*) para obtención de pectina, en Machala. Tesis. (Ing. Agronomo) Machala, Ecuador. p. 55.
- Reyes M. Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F y Ganoza L. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.
- Reyes, A., Galicia, M., Carrillo, M. (2011). Antioxidantes: la magia de lo natural. Rev Tlatemoani; (8): 1-16.
- Ribeiro, *et al.* (2018). Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour. *Cienc. Rural*, vol.48, no.12. ISSN 0103-8478.

- Rice- Evans, C. A., Miller, N. J., y Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20 (7), 933-956.
- Rinaldo D, Mbeguie D y Filslycaon B. (2010). Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 21(12), 599-606.
- Rodríguez, P. (2014). Sustitución parcial de agar-agar por gelatina en la elaboración de gomitas con pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis*) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Ruiz A. (2016), Fibra dietética: definición, beneficios y métodos de cuantificación. (Título profesional, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/334884>.
- Sánchez, I; Borroso, M & Careche, M. 2011. Instrumental Texture. Chapter 13. In NOLLET, L & TOLDRÁ, F. *Sensory Analysis of Food of Animal Origin*. Boca Raton, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/b10822>.
- Saval S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Bio-Tecnología*, 16(2):14-16.
- Scalbert, A., Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutr.* 130: 2073S-2085S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.8.2073s>.
- Serna, S. (2013). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Editorial AGT SA. México, DF. 703 p.
- Silva, C. (2016). Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil). Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12939>
- Slavin, J. (2005). Dietary fiber and body weight. *Nutrition*. 21(3):411-418. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.08.018>
- Slavin J. (2013). Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*. Vol. 5:1417-1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>.
- Stávková, J; Stejskal, L & Toufarová, Z. (2008). Factores que influyen en el comportamiento de los consumidores. *Ageconm search*, 11(1), 24-27. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.268022>

- Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett P., Ibanoglu E., Ibanoglu S. (2008). Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *J. Food Eng.*, 87 (1), 554–563. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.009>.
- Suja, D.; Bupesh, G.; Nivya R.; Mohan, V.; Ramasamy, P.; Muthiah N.S.; Arul A. E.; Meenakumari, K. and Prabu, K. (2017). Phytochemical Screening, Antioxidant, Antibacterial Activities of Citrus Limon and Citrus Sinensis Peel Extracts. *International Journal of Pharmacognosy and Chinese Medicin* 1(2): 1-7. <https://medwinpublishers.com/IPCM/IPCM16000108.pdf>.
- Surco, J. y Alvarado J. (2010). Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación. *Revista Boliviana de Química*, 27(1), 19-28. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602010000100004&script=sci_abstract.
- Távora F. (2015). Comprobación de la norma sanitaria RM N° 1020 2010/MINSA en la elaboración de pan de molde comercializado en la ciudad de Sullana. (Título profesional, Universidad Nacional de Piura). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/701>.
- Terpinc P, Čeh B, Ulrih NP, Abramovič H. (2012). Studies of the correlation between antioxidant properties and the total phenolic content of different oil cake extracts. *Ind Crop Prod* 39(0):210-217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.023>.
- Thebaudin, J., Lefebvre, A.C., Harrington, M.B., & Burgeois, C.M. (1997). Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Food Science and Technology*, 8(1), 41-47. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01007-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01007-8).
- Thibaut JF, Lahaye M, Guillon F (1992). Physico-chemical properties of food plant cell walls. En *Dietary Fibre a Component of Food Nutritional Function in Health and Disease*, eds. Sheweize & Edwards. La Macdonal, London.
- Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(1), 94-102. <https://tsia.udlap.mx/harinas-de-frutas-yo-leguminosas-y-su-combinacion-con-harina-de-trigo>.

- Tungland, B y Meyer, D. (2006). Nondigestible oligo-and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Rev. Food Sci. Food Saf.* 1(3):90-109. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x>.
- USDA. (2018). Recuperado de Basic Report: 18967, Bread, white wheat website:<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/18967?fgcd=&manu=&format=Abridged&count=&max=25&offset>.
- Valenzuela A y Maiz A (2006). El rol de la fibra dietética en la nutrición enteral. *Rev Chil Nutr* 33(2), 342-351. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182006000400002>.
- Velasco, J. (2018). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. *Agroproductividad*, 9(8):10-17. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>.
- Vergara J. (2015). Estudio comparativo del rendimiento de furfural a partir de diferentes residuos agrícolas (cascarilla de arroz, bagazo de caña, zuro de maíz). (Título profesional, Universidad de Guayaquil). Repositorio institucional de Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9076>
- Villanueva F. 2014. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, (032):231-246. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2014.n032.123>.
- Villanueva J. 2018. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Aestivum*) por harina de cáscara de maracuya (*Passiflora Edulis*) y harina de camote (*Ipomoea Batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales del cupcake. (Título profesional, Universidad Nacional del Santa). Repositorio institucional UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3115>.
- Waterhouse AL. 2002. Wine Phenolics. *Ann N Y Acad Sci* 957(1):21-36. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2002.tb02903.x>
- Westenbrink, S., Brunt, K., Van Der Kamp, J. W. (2013). Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chem.* 140(3):562-567. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.029>.
- Williams T. y Pullen G. (1998). Ingredientes Funcionales. En: *Fabricación de Pan*. Cauvain S., Young L. (Eds.). Editorial Acribia: Zaragoza, España. pp. 51-92.
- Yanishlieva, N; Pokorny, J.N. y Gordon, M. (2005). Antioxidantes de los alimentos. *Aplicación práctica*. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 352 p.

- Zavaleta B. (2016). Manejo agronómico del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) variedad flavicarpa en Conache, Laredo – Trujillo. (Título profesional, Universidad Nacional de Trujillo. Repositorio institucional UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3130>.
- Ziech D, Franco R, Georgakilas AG, Georgakila S, Malamou-Mitsi V, Schoneveld O, et al. (2010). The role of reactive oxygen species and oxidative stress in environmental carcinogenesis and biomarker development. *Chem Biol Interact* 2010;188(2):334-339. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2010.07.010>

ANEXOS

ANEXO 1

FORMATOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DE MOLDE Y GALLETAS FORTIFICADAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA ESCUELA DE POSGRADO

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DE MOLDE

Nombre:.....

Edad:.....

I. Estás recibiendo muestras codificadas de **PAN DE MOLDE**. Por favor, indique según la escala abajo indicada, cuánto le gustó o disgustó el **COLOR** de la muestra:

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

II Por favor, ahora pruebe la muestra e indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **SABOR** de la muestra:

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

Muestra	SABOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

III. Por favor, indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **AROMA** de la muestra.

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

Muestra	AROMA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

IV. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **TEXTURA** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	TEXTURA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

V. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **APARIENCIA GENERAL** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	APARIENCIA GENERAL
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

VI. En base a su opinión sobre esta muestra de **PAN DE MOLDE**, indique según la escala abajo indicada, su actitud si la muestra estuviese a la venta:

- 5. Ciertamente lo compraría
- 4. Posiblemente lo compraría
- 3. Tal vez compraría / tal vez no compraría
- 2. Posiblemente no lo compraría
- 1. Ciertamente no lo compraría

Muestra	INTENCIÓN DE COMPRA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

.....
FIRMA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO**

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS FORTIFICADAS

Nombre:.....

Edad:.....

- I. Estás recibiendo muestras codificadas de **GALLETA FORTIFICADA**. Por favor, indique según la escala abajo indicada, cuánto le gustó o disgustó el **COLOR** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

- II. Por favor, ahora pruebe la muestra e indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **SABOR** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	SABOR
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

- III. Por favor, indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **AROMA** de la muestra.

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	AROMA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

IV. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **TEXTURA** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	TEXTURA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

V. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **APARIENCIA GENERAL** de la muestra:

- 9. Me gusta muchísimo
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Ni me gusta/ni me disgusta
- 4. Me disgusta poco
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta muchísimo

Muestra	APARIENCIA GENERAL
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

VI. En base a su opinión sobre esta muestra de **GALLETA FORTIFICADA**, indique según la escala abajo indicada, su actitud si la muestra estuviese a la venta:

- 5. Ciertamente lo compraría
- 4. Posiblemente lo compraría
- 3. Tal vez compraría / tal vez no compraría
- 2. Posiblemente no lo compraría
- 1. Ciertamente no lo compraría

Muestra	INTENCIÓN DE COMPRA
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
T9	
T10	
T11	
T12	

.....
FIRMA

ANEXO 2

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE CÁSCARA DE MARACUYÁ var. Amarillo



Fotografía 2.1: Recepción de cáscara de maracuyá en el IITA



Fotografía 2.2: Lavado y desinfectado de cáscara de maracuyá



Fotografía 2.3: Cortado y escaldado en trozos de cáscara de maracuyá



Fotografía 2.4: Deshidratado de cáscara de maracuyá

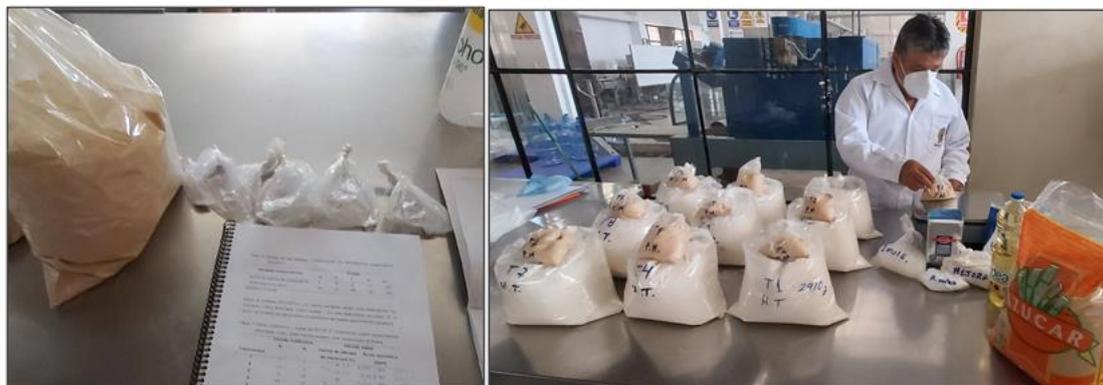


Fotografía 2.5: Molienda de cáscara de maracuyá deshidratada



Fotografía 2.6: Harina de cáscara de maracuyá

ANEXO 3
PANEL FOTOGRÁFICO DE LA OBTENCIÓN DE PAN DE MOLDE CON
HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ Y ÁCIDO ASCÓRBICO



Fotografía 3.1: Pesado de los insumos para pan de molde de las 11 formulaciones



Fotografía 3.2: Mezcla de los harinas e insumos para pan de molde



Fotografía 3.3: Boleado y moldeado de pan de molde



Fotografía 3.4: Fermentado y horneado del pan de molde



Fotografía 3.5: Pan de molde obtenido para su posterior evaluación

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA OBTENCIÓN DE GALLETA FORTIFICADA CON HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ Y ÁCIDO ASCÓRBICO



Fotografía 4.1: Pesado de los insumos para galletas fortificadas



Fotografía 4.2: Mezcla de los harinas e insumos para galletas fortificadas



Fotografía 4.3: Laminado y troquelado de galletas fortificadas



Fotografía 4.4: Horneado y enfriado de galletas fortificadas



Fotografía 4.5: Empacado de galletas fortificadas para su posterior evaluación

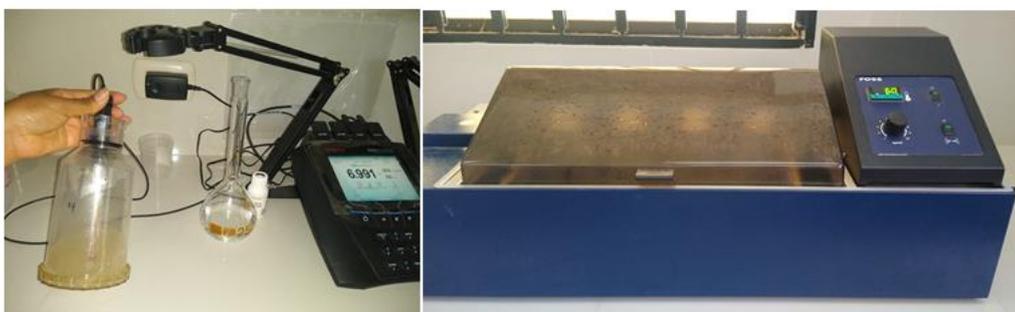
ANEXO 5
PANEL FOTOGRÁFICO DEL ANÁLISIS DE FIBRA DIETARIA DE LA HARINA
DE CÁSCARA DE MARACUYÁ, DEL PAN DE MOLDE Y GALLETA
FORTIFICADA



Fotografía 5.1: Enzimas utilizadas en la determinación de fibra dietética



Fotografía 5.2: Incubación a 80°C de las muestras conteniendo α-amilasa y buffer fosfato



Fotografía 5.3: Ajuste del pH de las muestras y adición de enzimas proteasa y amiloglucosidasa e incubación a 60°C.



Fotografía 5.4: Filtración de las muestras en crisoles FOSS



Fotografía 5.5: Crisoles FOSS con fibra dietética y determinación de cenizas

ANEXO 6

CERTIFICADOS DE ANÁLISIS COLECBI S.A.



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20210316-005

Pag. 1 de 1

SOLICITADO POR	: SAUL RICARDO CHUQUI DIESTRA.
DIRECCION	: Av. Universitaria SIN Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYA.
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno transparente cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2021-03-16
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2021-03-16
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2021-03-18
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 210316-2

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	HCMr
Proteínas (%) Factor 6,25	5,14 ± 0,015
Grasa (%)	0,60 ± 0,017
Humedad (%)	11,25 ± 0,035
Fibra (%)	28,33 ± 0,295

METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.
Grasa : UNE 64021 1970
Humedad : UNE 64015 1971
Fibra : NMX-F-090-1978

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 20 del 2021.
GVR/jms

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLÓGICO QUÍMICO, OGD
L.R.P. 128
COLECBI S.A.C.

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 20210316-006

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : SAUL RICARDO CHUQUI DIESTRA.
DIRECCION : Av. Universitaria S/N Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : PAN DE MOLDE CON HARINA DE CASCARA DE MARACUYÁ
(VARIEDAD AMARILLO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 12 muestras x 200g c/u
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno transparente cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-03-16
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-03-16
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-03-18
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 210316-2

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS			
	Proteínas (%) Factor 6,25	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
CONTROL	11,87 ± 0,036	7,17 ± 0,025	5,58 ± 0,021	2,71 ± 0,030
T - 1	11,16 ± 0,015	6,69 ± 0,036	5,53 ± 0,026	2,92 ± 0,025
T - 2	10,75 ± 0,030	7,03 ± 0,021	6,44 ± 0,040	3,32 ± 0,020
T - 3	11,14 ± 0,030	6,87 ± 0,035	5,89 ± 0,026	3,08 ± 0,015
T - 4	10,41 ± 0,025	6,71 ± 0,030	6,63 ± 0,025	3,13 ± 0,021
T - 5	11,60 ± 0,021	6,82 ± 0,035	5,61 ± 0,021	2,97 ± 0,010
T - 6	10,26 ± 0,025	7,12 ± 0,020	6,37 ± 0,032	3,24 ± 0,030
T - 7	10,92 ± 0,020	7,06 ± 0,015	6,22 ± 0,025	3,14 ± 0,030
T - 8	11,09 ± 0,026	7,23 ± 0,025	6,06 ± 0,021	3,09 ± 0,020
T - 9	10,42 ± 0,025	7,18 ± 0,015	6,21 ± 0,020	3,16 ± 0,030
T - 10	10,58 ± 0,015	7,16 ± 0,021	6,17 ± 0,037	3,12 ± 0,020
T - 11	10,45 ± 0,036	7,21 ± 0,025	6,19 ± 0,040	3,11 ± 0,020

METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.
Grasa : UNE 64021 1970
Humedad : UNE 64015 1971
Cenizas : UNE 64019 1971

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 20 del 2021.

GVR/jms
LC-MP -HRIE
Rev. 06

Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLÓGICO MICROBIOLÓGICO
C.B.P. 148
COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.
EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono. 043 310732
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

FIN DEL INFORME



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 20210316-007

Pag. 1 de 1

SOLICITADO POR : SAUL RICARDO CHUQUI DIESTRA.
DIRECCION : Av. Universitaria S/N Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : GALLETA FORTIFICADA CON HARINA DE CASCARA DE MARACUYÁ (VARIEDAD AMARILLO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 12 muestras x 200g o/u.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno transparente cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-03-18
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-03-18
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-03-18
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 210316-2

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS			
	Proteínas (%) Factor 6,25	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
CONTROL	7,64 ± 0,015	16,18 ± 0,036	2,47 ± 0,015	0,53 ± 0,020
T - 1	7,18 ± 0,021	16,09 ± 0,032	2,61 ± 0,025	1,01 ± 0,036
T - 2	6,92 ± 0,025	16,17 ± 0,030	2,79 ± 0,015	1,06 ± 0,015
T - 3	7,18 ± 0,015	16,06 ± 0,015	2,68 ± 0,040	0,95 ± 0,025
T - 4	6,81 ± 0,021	16,21 ± 0,041	2,86 ± 0,031	0,99 ± 0,020
T - 5	7,51 ± 0,025	16,02 ± 0,040	2,72 ± 0,043	0,99 ± 0,021
T - 6	6,94 ± 0,015	16,08 ± 0,025	3,21 ± 0,032	1,08 ± 0,038
T - 7	7,07 ± 0,020	16,13 ± 0,036	2,57 ± 0,030	1,01 ± 0,015
T - 8	7,17 ± 0,030	16,11 ± 0,030	2,82 ± 0,026	0,84 ± 0,030
T - 9	7,09 ± 0,025	16,15 ± 0,026	2,66 ± 0,032	0,61 ± 0,025
T - 10	7,01 ± 0,025	15,99 ± 0,015	2,84 ± 0,021	0,82 ± 0,036
T - 11	7,13 ± 0,015	16,02 ± 0,025	2,68 ± 0,040	0,73 ± 0,035

METODOLOGIA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5683-2 Parte 2 Dic. 2006.

Grasa : UNE 64021 1970

Humedad : UNE 64015 1971

Cenizas : UNE 64019 1971

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 20 del 2021.

GVR/jms
LC-MP -HRIE
Rev. 06

Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLÓGICO MICROBIOLOGO
L.S.P. 148
COLECBI S.A.C.

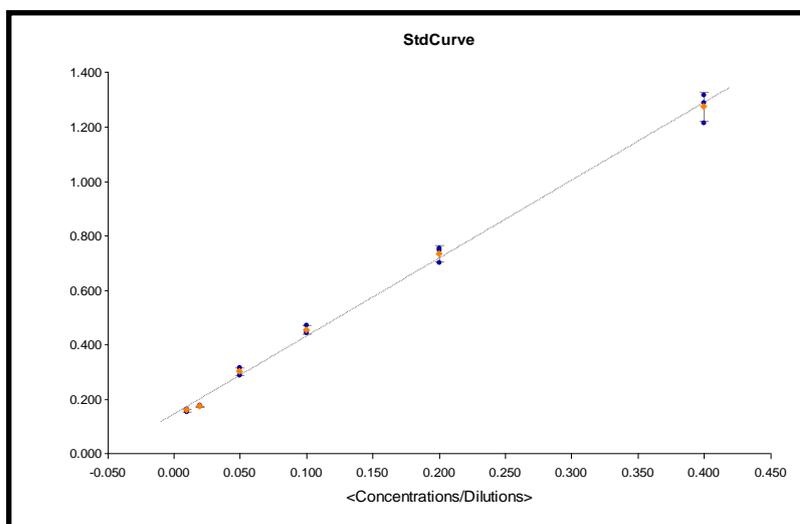
EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACION DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono. 043 3107122
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

ANEXO 7

RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES PARA PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA



Curve Name	Curve Formula	A	B	R2
StdCurve	Y=A*X+B	2.86	0.145	0.997

CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN PAN DE MOLDE

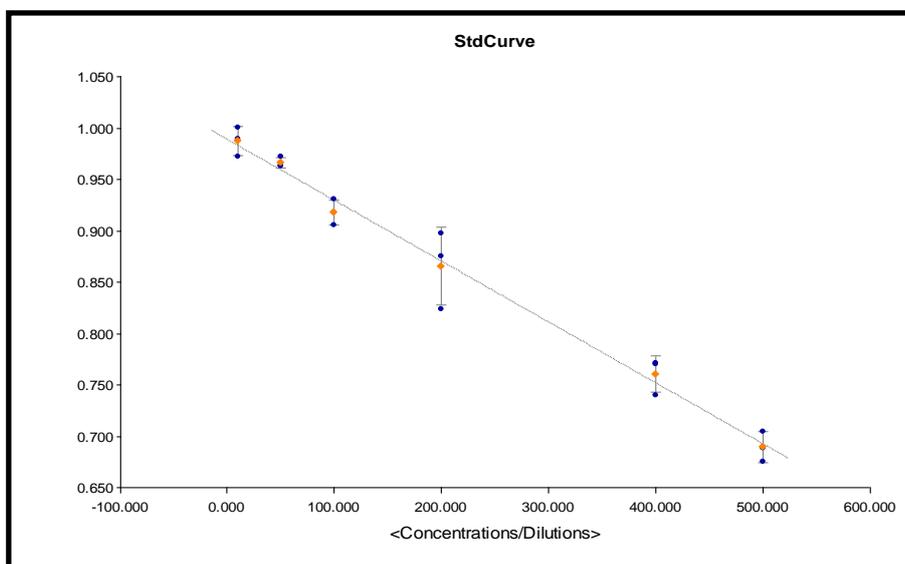
MUESTRA	Contenido total de Polifenoles (mg GAE/100 g m.s.)
T1	83,12 ± 0,82
T2	187,23 ± 1,06
T3	122,79 ± 0,90
T4	155,64 ± 0,87
T5	83,91 ± 0,92
T6	132,18 ± 0,95
T7	109,72 ± 0,45
T8	105,20 ± 0,63
T9	73,11 ± 0,77
T10	72,50 ± 0,42
T11	72,69 ± 0,59
CONTROL	60,77 ± 0,98

CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN GALLETA FORTIFICADA

MUESTRA	Contenido total de Polifenoles (mg GAE/100 g.m.s.)
T1	50,07 ± 0,90
T2	65,82 ± 0,31
T3	51,63 ± 0,49
T4	71,89 ± 0,46
T5	44,33 ± 0,59
T6	70,25 ± 0,34
T7	61,41 ± 0,82
T8	53,97 ± 0,53
T9	51,49 ± 0,96
T10	52,37 ± 0,46
T11	51,22 ± 0,50
CONTROL	33,12 ± 0,71

ANEXO 8

RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA



Curve Name	Curve Formula	A	B	R2
StdCurve	Y=A*X+B	-0.00059	0.989	0.996

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PAN DE MOLDE

MUESTRA	Polifenoles totales (mg GAE/100 g m.s.)
T1	387,68 ± 1,01
T2	395,71 ± 0,41
T3	379,11 ± 0,73
T4	384,20 ± 0,97
T5	373,16 ± 1,64
T6	416,69 ± 0,65
T7	411,52 ± 1,10
T8	402,53 ± 0,82
T9	398,39 ± 1,35
T10	400,55 ± 0,80
T11	395,73 ± 1,27
CONTROL	256,15 ± 0,94

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN GALLETA FORTIFICADA

MUESTRA	Polifenoles totales (mg GAE/100 g m.s.)
T1	333,36 ± 0,52
T2	342,76 ± 0,72
T3	338,81 ± 0,23
T4	345,24 ± 1,62
T5	331,63 ± 0,73
T6	354,24 ± 1,10
T7	342,59 ± 0,98
T8	347,41 ± 1,09
T9	349,08 ± 1,76
T10	348,04 ± 0,83
T11	350,21 ± 0,53
CONTROL	274,40 ± 0,71

ANEXO 9

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL E INTENCIÓN DE COMPRA DE PAN DE MOLDE Y GALLETA FORTIFICADA

PAN DE MOLDE

TTs	Color	Aroma	Apariencia general	Textura	Sabor	Intención de compra
T1	5,93±0,03	6,09±0,02	6,05±0,05	6,57±0,10	6,09±0,08	3.86±0.02
T2	6,91±0,05	6,36±0,01	6,75±0,03	6,31±0,02	6,56±0,06	3.43±0.04
T3	5,61±0,07	5,97±0,05	6,17±0,07	6,91±0,05	6,11±0,05	3.59±0.03
T4	7,03±0,04	6,25±0,04	6,95±0,06	6,77±0,06	6,83±0,02	3.46±0.03
T5	4,46±0,03	5,67±0,06	5,19±0,05	6,19±0,06	5,76±0,04	3.05±0.05
T6	5,33±0,02	6,56±0,07	5,57±0,06	6,21±0,07	6,03±0,04	2.71±0.04
T7	6,86±0,01	6,37±0,08	7,29±0,03	6,37±0,06	7,07±0,07	3.18±0.06
T8	7,21±0,06	6,56±0,07	7,35±0,04	7,07±0,08	7,13±0,05	4.41±0.04
T9	7,06±0,04	6,17±0,05	7,16±0,04	6,81±0,09	6,93±0,07	4.16±0.07
T10	7,11±0,08	6,25±0,04	7,19±0,03	6,87±0,06	6,97±0,09	4.21±0.05
T11	7,13±0,09	6,19±0,06	7,15±0,04	6,83±0,05	6,99±0,09	4.09±0.04
Control	8,01±0,08	7,99±0,08	8,16±0,10	7,73±0,11	7,83±0,08	4.86±0.08

GALLETA FORTIFICADA

TTs	Color	Aroma	Apariencia general	Textura	Sabor	Intención de compra
T1	5,91±0,05	5,77±0,06	5,97±0,07	5,91±0,05	5,88±0,08	3,06±0.03
T2	6,86±0,04	6,29±0,04	6,68±0,06	5,86±0,05	6,34±0,07	3,72±0.08
T3	5,79±0,03	5,85±0,01	6,09±0,08	5,47±0,03	5,91±0,06	3,56±0.06
T4	7,01±0,03	6,35±0,03	6,89±0,08	6,03±0,04	6,64±0,05	3,52±0.05
T5	4,91±0,04	5,71±0,08	5,83±0,05	5,68±0,03	5,83±0,04	3,81±0.08
T6	5,41±0,05	6,67±0,05	5,48±0,04	5,16±0,06	5,97±0,07	3,63±0.06
T7	6,83±0,03	6,29±0,06	7,19±0,06	5,69±0,08	6,43±0,08	3,06±0.03
T8	7,09±0,03	6,61±0,06	7,23±0,03	5,91±0,07	6,67±0,02	4,35±0.01
T9	6,96±0,02	6,46±0,04	7,07±0,05	6,06±0,05	6,71±0,01	4,17±0.02
T10	6,99±0,03	6,49±0,05	7,12±0,03	6,11±0,06	6,73±0,04	3,13±0.04
T11	6,93±0,05	6,51±0,06	7,14±0,02	6,17±0,05	6,77±0,03	3,41±0.05
Control	7,33±0,08	7,15±0,09	7,29±0,07	6,48±0,09	7,07±0,08	4,49±0.09

“OBTENCIÓN DE PRODUCTOS SALUDABLES DE PANIFICACIÓN UTILIZANDO HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* SIMS), VARIEDAD AMARILLA Y ÁCIDO ASCÓRBICO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	core.ac.uk Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	rus.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
11	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	congreso-de-nixtamalizacion.org Fuente de Internet	<1 %
15	myslide.es Fuente de Internet	<1 %
16	www.fcb.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
17	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
19	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad Privada Boliviana Trabajo del estudiante	<1 %
22	www.archive.org Fuente de Internet	<1 %
23	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
24	repositoriouba.sisbi.uba.ar Fuente de Internet	<1 %
25	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
28	vector.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
31	innovacionumh.es Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

<1 %

33

digital.bl.fcen.uba.ar

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

www.clubensayos.com

Fuente de Internet

<1 %

36

Submitted to Universidad Nacional Jose
Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

37

Submitted to Universidad Nacional
Intercultural de la Amazonía

Trabajo del estudiante

<1 %

38

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

<1 %

39

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

40

riubu.ubu.es

Fuente de Internet

<1 %

41

Submitted to Universidad de Burgos UBUCEV

Trabajo del estudiante

<1 %

42

www.regionjunin.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

43	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
44	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
45	jupiter.utm.mx Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	cires.org.ve Fuente de Internet	<1 %
49	studylib.es Fuente de Internet	<1 %
50	www.alimentacion-sana.org Fuente de Internet	<1 %
51	biblioteca.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
54	agro.unc.edu.ar	

Fuente de Internet

<1 %

55

ri.uaemex.mx

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo