

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**“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

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE DOCTOR EN INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

AUTOR : CESAR MORENO ROJO
Maestro en Gerencia de Industrias Pesqueras y
Agropecuarias

ASESOR : Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2017



UNS
ESCUELA DE
POSTGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DOCTORAL

Yo, **LUZ MARIA PAUCAR MENACHO**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: **“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”**, elaborada por el magister **CESAR MORENO ROJO** para obtener el Grado Académico de Doctor en **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL** en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 22 de abril del 2017

.....
Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO

ASESOR



UNS
ESCUELA DE
POSTGRADO

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

**"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 PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. José Luis Silva Villanueva

PRESIDENTE

Dr. Luis Hugo Avalos Aurora

SECRETARIO

Dra. Luz María Paucar Menacho

VOCAL

DEDICATORIA

*A Dios, por guiarme en cada paso
que he dado en mi vida y por brindarme
la sabiduría necesaria para cumplir con
los retos trazados.*

*A mis padres que en todo momento
están pendiente de mi superación. A mis
hermanos por confiar en mí.*

*A mi esposa Elsa, la mujer que llego a mí
por obra y gracia de Dios, por estar
conmigo en las buenas y en las malas,
por demostrar su amor con mis hijos y
por querer también superarse por el
futuro de la familia; a mis hijos Paul,
Cesar y Antero por apoyarme en cada
momento de mi vida, ellos son el motor
de mi superación, son las alas que
necesito para seguir avanzando.*

*A mi suegra Doña Magda, que desde el
cielo me bendice siempre para estar
junto con Dios; a Don Antero Carril mi
gran suegro, siempre atento conmigo.*

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso por ser el sostén de mi hogar, por darme a conocer que sin él no somos nada; por enseñarme a confiar en él. Él es mi fortaleza, mi roca fuerte; él me protege de mis enemigos, me da fuerzas cuando siento decaer, perdona mis pecados, me da esperanzas para seguir luchando, él es TODO.

Al Instituto de Investigación Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa por abrirme las puertas y brindarme el apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

A mi asesora Dra. Luz María Paucar Menacho, por darme su apoyo incondicional y brindarme la asesoría profesional pertinente para el desarrollo de la tesis.

Al personal técnico y profesional del IITA por todo el apoyo brindado para realizar las corridas experimentales; también a los profesionales de los laboratorios de Composición de Productos Agroindustriales y de Microbiología y Toxicología; a la Planta Piloto Agroindustrial en la persona del Ing. Pedro Ayala, por su tiempo y paciencia para la elaboración de los panes de molde; al Dr. Gustavo Vargas Ramos Director de COLECBI SAC por su apoyo en los análisis finales de los productos obtenidos; al Bach. González Morillas Enrique por el apoyo incondicional desde el inicio de la tesis; al Ing. Cesar Braulio Cisneros por su apoyo incondicional para la publicación de la tesis en la revista científica IGnosis.

Mi gratitud y reconocimiento por siempre.

El Autor

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCION	3
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	4
1.2. ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACION.....	6
1.2.1. Ámbito Internacional.....	7
1.2.2. Ámbito Local.....	15
1.3. CARACTERIZACION Y NATURALEZA DEL OBJETO DE INVESTIGACION.....	19
1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	21
1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS	21
1.6. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	21
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
1.7. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	22
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	25
2.1 FUNDAMENTOS FILOSOFICOS TEORICOS DE LA INVESTIGACION	26
2.2 . MARCO CONCEPTUAL	28
2.2.1. Mango.....	29
2.2.2. Harina de Cascara de Mango (HCM)	32
2.2.3. Fibra dietética	33
2.2.4. Score químico.....	34
2.2.5. Pan de molde.....	35
2.2.6. Características tecnológicas de la harina de cascara de mango	36
2.2.7. Importancia del ácido ascórbico en panificación.....	38

2.2.8. Caracterización Reológicas de las Harinas.	38
CAPÍTULO III. METODOLOGIA EMPLEADA	47
3.1. METODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACION.....	48
3.1.1. Tipo de investigación	48
3.1.2. Diseño de investigación	48
3.2. METODOLOGÍA PARA LA PRUEBA DE LA HIPÓTESIS	53
3.2.1. Obtención de la fibra dietética de mango	53
3.2.2. Elaboración de pan de molde con harina de cascara de mango y germen de trigo usado como control.	53
3.2.3. Determinaciones realizadas en la harina de cascara de mango.	56
A. Análisis Proximal para la harina de cascara de mango	56
B. Propiedades funcionales (harina de cascara de mango)	57
C. Análisis para la harina de trigo y para la masa obtenida de la mezcla de harina de trigo y de cascara de mango con contenido fibra dietética	58
Caracterización de la harina de trigo.	58
D. Score químico para la mezcla de harina de trigo y de cascara de mango con alto contenido de fibra dietética.	60
E. Análisis Proximal para el pan de molde con harina de cascara de mango con alto contenido de fibra dietética.	60
3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS EMPLEADOS	62
3.3.1. Técnica	62
3.3.2. Instrumentos	64
3.4. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	65
3.4.1. Obtención y evaluación de la harina de cascara de mango	65
3.4.2. Obtención de los panes de molde	70
3.4.3. Evaluación del volumen específico	74
3.4.4. Análisis fisicoquímico de los panes de molde.....	75
3.4.5. Evaluación de la textura instrumental	77

3.4.6.	Evaluación del color instrumental	78
3.4.7.	Evaluación de la FDT, FDI y FDS en los panes de molde.....	79
3.4.8.	Análisis estadísticos de los resultados	84
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL ANALISIS, INTERPRETACION Y DISCUSION		85
4.1.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA EL MANGO Y LA HARINA OBTENIDA	86
4.2.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA LA HARINA DE TRIGO.....	90
4.2.1.	Composición Porcentual.....	90
4.2.2.	Amilograma de la harina de trigo	91
4.2.3.	Farinograma de la harina de trigo.....	92
4.2.4.	Extensograma de la harina de trigo	94
4.2.5.	Color instrumental de la harina de trigo	95
4.3.	ANÁLISIS REOLÓGICO PARA LA HARINA DE TRIGO MEZCLADA CON HCM.	96
4.3.1.	Amilograma para la mezcla (Formulación 3)	96
4.3.2.	Extensograma para la mezcla (Formulación 3)	97
4.4.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS PANES DE MOLDE OBTENIDOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE CASCARA DE MANGO.....	99
4.4.1.	Volumen específico de los panes de molde	99
4.4.2.	Análisis estadístico de los volúmenes específicos de los panes de molde.....	103
4.4.3.	Color de la corteza de los panes de molde.....	107
4.4.4.	Color de la miga de los panes de molde.....	113
4.4.5.	Análisis de proteínas, grasa, humedad y cenizas en los panes de molde. ...	123
4.4.6.	Evaluación sensorial de los panes de molde.....	139
4.4.7.	Perfil de textura para los panes de molde	160
4.4.8.	Análisis de Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS), en los panes de molde.....	182

4.5. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE MOLÉCULAS (CAMO) PARA LA HARINA DE CASCARA DE MANGO	192
4.5.1. Evaluación de la CRA.....	192
4.5.2. Evaluación de la CAMO.....	194
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	196
5.1. CONCLUSIONES.....	197
5.2. SUGERENCIAS	200
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	201
ANEXOS	210

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Composición Química del mango.....	30
Tabla 2. Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 22 incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.....	51
Tabla 3. Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2 ²	52
Tabla 4. Formulación utilizada para la producción de pan de molde.....	54
Tabla 5. Patrón de aminoácidos propuesto para niños > a 1 año y adultos.....	60
Tabla 6. Análisis fisicoquímico para la pulpa de mango, var. Kent	86
Tabla 7. Rendimiento de cascara a harina de cascara de mango, var. Kent.....	86
Tabla 8. Análisis fisicoquímico para la harina de cascara de mango, var. Kent	87
Tabla 9. Análisis de FDT, FDI y FDS para la harina de cascara de mango, var. Kent	88
Tabla 10. Colorimetría de la harina de cascara de mango (HCM)	90
Tabla 11. Composición porcentual (%) de la harina de trigo.....	91
Tabla 12. Análisis farinografico de la harina de trigo	93
Tabla 13. Parámetros del extensograma obtenidos para la harina de trigo	95
Tabla 14. Colorimetría de la harina de trigo.	95
Tabla 15. Parámetros del extensograma obtenidos para la formulación 3 (6.5% HCM y 93.5% HT).....	98
Tabla 16. Volumen específico del pan de molde.....	103
Tabla 17. Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.....	104
Tabla 18. Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde	106
Tabla 19. Color de la corteza de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental	108
Tabla 20. Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de los panes de molde.....	109

Tabla 21. Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la corteza de los panes de molde.	111
Tabla 22. Coeficientes de regresión para respuesta de ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.....	112
Tabla 23. Color de la miga de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental	114
Tabla 24. Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la miga de los panes de molde.	115
Tabla 25. Análisis de varianza para la respuesta luminosidad miga del pan de molde	116
Tabla 26. Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la miga de los panes de molde.	118
Tabla 27. Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la miga del pan de molde	120
Tabla 28. Coeficientes de regresión para respuesta ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.....	121
Tabla 29. Proteína del pan de molde.	123
Tabla 30. Coeficientes de regresión para respuesta proteína de los panes de molde.	124
Tabla 31. Análisis de varianza para la respuesta proteína del pan de molde.	126
Tabla 32. Grasa del pan de molde.....	128
Tabla 33. Coeficientes de regresión para respuesta grasa de los panes de molde.	129
Tabla 34. Humedad del pan de molde.	130
Tabla 35. Coeficientes de regresión para respuesta humedad de los panes de molde.	131
Tabla 36. Análisis de varianza para la respuesta humedad del pan de molde ...	133
Tabla 37. Ceniza del pan de molde.	135
Tabla 38. Coeficientes de regresión para respuesta ceniza de los panes de molde.	136
Tabla 39. Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde ..	139

Tabla 40. Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.	140
Tabla 41 . Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde	142
Tabla 42. Determinación de valores reales para x1 (HCM) e x2 (AA)	143
Tabla 43. Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde.	145
Tabla 44. Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde ..	147
Tabla 45. Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.	149
Tabla 46. Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.	151
Tabla 47. Análisis de varianza para la respuesta textura del pan de molde.....	152
Tabla 48. Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.	155
Tabla 49. Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde	157
Tabla 50. Valores reales para x1 (HCM) e x2 (AA)	158
Tabla 51. Respuestas obtenidas del perfil de textura de los panes de molde	161
Tabla 52. Coeficientes de regresión para respuesta altura de los panes de molde.	162
Tabla 53. Análisis de varianza para la altura del pan de molde.	163
Tabla 54. Coeficientes de regresión para respuesta dureza de los panes de molde.	165
Tabla 55. Análisis de varianza para la dureza del pan de molde	167
Tabla 56. Valores reales de x1 (HCM) e x2 (AA)	169
Tabla 57. Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de los panes de molde.	170
Tabla 58. Análisis de varianza para la firmeza del pan de molde	172
Tabla 59. Valores reales de x1 (HCM) e x2 (AA)	174
Tabla 60. Coeficientes de regresión para la respuesta elasticidad de los panes de molde.	176
Tabla 61. Coeficientes de regresión para la respuesta masticabilidad de los panes de molde.....	178

Tabla 62. Análisis de varianza para la masticabilidad del pan de molde	179
Tabla 63. Valores reales para x1 (HCM) y x2 (AA)	181
Tabla 64. Respuestas obtenidas de la fibra de los panes de molde.....	182
Tabla 65. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética total de los panes de molde.....	183
Tabla 66. Análisis de varianza para la Fibra dietética total del pan de molde.....	184
Tabla 67. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética insoluble de los panes de molde.....	187
Tabla 68. Análisis de varianza para la Fibra dietética insoluble del pan de molde.	188
Tabla 69. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética insoluble de los panes de molde.....	190
Tabla 70. Pesos obtenidos de la centrifugación de las muestras.....	192

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Modelo Hipotético-deductivo liberalizado	28
Figura 2. Equipo Amilógrafo	40
Figura 3. Equipo Farinógrafo.....	41
Figura 4: Resultados de Farinograma. (Gustavo,2009)	43
Figura 5. Equipo Extensógrafo Brabender	46
Figura 6. Diagrama de flujo a utilizarse en el proceso.....	55
Figura 7. Recepción del mango variedad Kent.....	65
Figura 8. Pesado del mango en balanza mecánica.....	66
Figura 9. Rebanado del mango	66
Figura 10. Cuchareo para extraer la pulpa.....	66
Figura 11. Escaldado de las cascaras.....	67
Figura 12. Oreado de las cascaras	67
Figura 13. Picado de las cascaras antes del secado y colocación en las bandejas del secador.....	67
Figura 14. Disposición de las bandejas dentro del secador del IITA	68
Figura 15. Retiro de las cascaras de mango secos.....	68
Figura 16. Molienda de las cascaras de mango	69
Figura 17. Almacenamiento de la HCM, antes de tamizar	69
Figura 18. Harina de cascara de mango tamizada	69
Figura 19. Amilógrafo Brabender para analizar harina de trigo y harina de cascara de mango del Laboratorio de Composición de Productos agroindustriales.....	70
Figura 20. Farinógrafo del Laboratorio de Composición de Productos agroindustriales	70
Figura 21. Harina de cáscara de mango lista para ser pesada	71
Figura 22. Pesado de las 11 formulaciones según el DCCR 2 ²	71
Figura 23. Preparación de la mezcla de harinas para formar la masa panaria para cada tratamiento, usando la amasadora de la Planta Piloto Agroindustrial.....	72
Figura 24. Formación de la masa panaria para dos tratamientos	72
Figura 25. Fermentado de la masa panaria en sus moldes respectivos	73
Figura 26. Panes de molde obtenidos para su evaluación	73

Figura 27. Evaluación del peso específico de los panes de molde utilizando la metodología de desplazamiento con semillas de alpiste.....	74
Figura 28. Utilización de probeta graduada para verificar el volumen desplazado.....	74
Figura 29. Secado de las rodajas de pan de molde en el secador de bandejas del IITA.....	75
Figura 30. Disposición de las muestras para la evaluación de humedad.....	75
Figura 31. Calcinación de las muestras para evaluar cenizas.....	76
Figura 32. Muestras dentro de la Mufla, listas para obtención de cenizas.....	76
Figura 33. Muestras de pan de molde, sometidos al texturómetro Brookfield.....	77
Figura 34. Medición del color de la corteza para pan de molde.....	78
Figura 35. Medición del color de la miga para pan de molde.....	79
Figura 36. Preparación de las muestras en los vasos FOSS.....	80
Figura 37. Enzimas a utilizarse en el proceso de evaluación de FDT.....	80
Figura 38. Buffers y ácidos a utilizarse en el proceso de evaluación de FDT.....	80
Figura 39. Uso del pH metro para ajustar el pH de las muestras.....	81
Figura 40. Uso de la pipeta para agregar la enzima en los vasos que contienen las muestras.....	81
Figura 41. Muestras ingresando al baño maría para incubar a 95°C y evaluar la acción de la enzima amilasa.....	81
Figura 42. Muestras listas para la filtración.....	82
Figura 43. Frascos de incubación conteniendo las muestras con los respectivos crisoles FOSS.....	82
Figura 44. Filtrado y lavado de las muestras.....	82
Figura 45. Secado de las muestras en la estufa a 105°C.....	83
Figura 46. Crisoles FOSS conteniendo los residuos de FDT.....	83
Figura 47. Pesando los residuos para cenizas.....	83
Figura 48. Panes de molde elaborados según T1, T2 y T3.....	99
Figura 49. Panes de molde elaborados según T4, T5 y T6.....	99
Figura 50. Panes de molde elaborados según T7, T8 y T9.....	100
Figura 51. Panes de molde elaborados según T10, T11 y T12.....	100
Figura 52. Ubicación de los panes de molde elaborados, de menor a mayor porcentaje de HCM (5% hasta 13.5%).....	101
Figura 53. Ubicación de los panes de molde elaborados, de menor a mayor porcentaje de AA (20 ppm hasta 100 ppm).....	102

Figura 54. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.	105
Figura 55. Superficies de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	106
Figura 56. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la corteza.....	110
Figura 57. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza.	111
Figura 58. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza	113
Figura 59. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la miga.....	116
Figura 60. Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).	117
Figura 61. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la miga.	119
Figura 62. Superficies de respuesta para la cromacidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).	120
Figura 63. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la miga.	122
Figura 64. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta proteína.	125
Figura 65. Superficies de respuesta para la proteína de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	127
Figura 66. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta grasa.	129
Figura 67. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta humedad.	132

Figura 68. Superficies de respuesta para la humedad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	134
Figura 69. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ceniza del pan de molde.....	137
Figura 70. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.	141
Figura 71. Superficies de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg). 144	
Figura 72. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia.....	146
Figura 73. Superficies de respuesta para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	148
Figura 74. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.	150
Figura 75. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura.	152
Figura 76. Superficies de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	154
Figura 77. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor.	156
Figura 78. Superficies de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg). 159	
Figura 79. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta altura	163
Figura 80. Superficies de respuesta para la altura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg). 164	
Figura 81. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta dureza	166
Figura 82. Superficies de respuesta para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	168

Figura 83. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Firmeza	171
Figura 84. Superficies de respuesta para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	174
Figura 85. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Elasticidad.....	176
Figura 86. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Masticabilidad.....	179
Figura 87. Superficies de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).....	180
Figura 88. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética total.	184
Figura 89. Superficies de respuesta para la fibra dietética total de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).	185
Figura 90. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética insoluble.....	187
Figura 91. Superficies de respuesta para la fibra dietética soluble de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).	189
Figura 92. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética insoluble.....	191

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Página
Gráfico 1. Amilograma de la harina de trigo (80 g/450 ml)	92
Gráfico 2. Farinografía para la harina de trigo	93
Gráfico 3. Extensograma para la harina de trigo	94
Gráfico 4. Amilograma para la formulación 3 (6.5% HCM y93.5% HT	96
Gráfico 5. Extensograma para la Formulación 3 (6.5% HCM y 93.5% HT)	97

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1: INFORME DE ENSAYO N° 1411-16, LABORATORIOS COLECBI SAC	211
ANEXO 2: DATOS OBTENIDOS PARA EVALUAR VOLUMEN ESPECIFICO DE LOS PANES DE MOLDE	212
ANEXO 3: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA CORTEZA DE LOS PANES DE MOLDE	213
ANEXO 4: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA MIGA DE LOS PANES DE MOLDE	214
ANEXO 5: INFORME DE ENSAYO N° 2614-16 LABORATORIOS COLECBI SAC	215
ANEXO 6: DATOS PARA EVALUAR EL ANALISIS SENSORIAL DE LOS PANES DE MOLDE.....	216
ANEXO 7: DATOS PARA EVALUAR EL ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS PANES DE MOLDE	218
ANEXO 8: DATOS PARA EVALUAR FDT, FDI Y FDS EN LOS PANES DE MOLDE	219
ANEXO 9: FOTOS DE LAS REBANADAS DE PANES DE MOLDE PARA VISUALIZAR LAS CELDAS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS	220
ANEXO 10: INFORME DE DATOS DEL EQUIPO TEXTUREPRO CTV1.4BUILD17 PARA EL ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS PANES DE MOLDE .	226

USO DE ABREVIATURAS

CRA	: Capacidad de Retención de Agua
CAMO	: Capacidad de Adsorción de Moléculas Orgánicas
FDT	: Fibra Dietética Total
FDS	: Fibra Dietética Soluble
FDI	: Fibra Dietética Insoluble
HCM	: Harina de Cascara de Mango
AA	: Ácido Ascórbico
APT	: Análisis de Perfil de Textura
DCCR	: Diseño Completo Central Rotacional
T1	: Tratamiento 1
T2	: Tratamiento 2
T3	: Tratamiento 3
T4	: Tratamiento 4
T5	: Tratamiento 5
T6	: Tratamiento 6
T7	: Tratamiento 7
T8	: Tratamiento 8
T9	: Tratamiento 9
T10	: Tratamiento 10
T11	: Tratamiento 11

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se elaboraron panes de molde, con adición de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico con el objetivo de estudiar la influencia de ambos en el producto terminado. Las formulaciones fueron realizadas utilizándose un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de cascara de mango y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, proteínas, grasas, cenizas, humedad, y color de la corteza y miga del pan, textura instrumental, fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI), fibra dietético soluble (FDS) y propiedades sensoriales realizados con 30 panelistas. Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que se obtuvieron porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32 ppm de ácido ascórbico; con respecto al volumen específico, la adición del ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango (De 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4.6 ml/g) en los panes de molde. Así mismo la incorporación de fibra dietética de la harina de cascara de mango influyen en la calidad obteniéndose panes de molde muy rico en fibra (>6% FDT).

Se obtuvo valores de optimización para el color y sabor; la dureza, firmeza y masticabilidad de los panes de molde. Se evaluó el %Proteína, %Grasa, %Cenizas, %Humedad, la Capacidad de Retención de Agua (CRA) y la Capacidad de Absorción de Moléculas Orgánicas (CAMO) para la harina de cascara de mango y ver cómo influye en la calidad de los panes. Lo óptimo para el sabor será cuando se adicione 7.6% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico. Lo óptimo para obtener el mínimo valor de dureza será cuando se adicione 8.7% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico y para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde será cuando se adicione 8.71% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico.

Palabras claves: Pan de molde, harina de cascara de mango, fibra dietética, ácido ascórbico, metodología de superficie de respuesta (MSR)

ABSTRACT

In this research, mold breads were prepared with the addition of mango peanut flour and ascorbic acid in order to study the influence of both on the finished product. The formulations were performed using a complete factorial delineation 2², considering as independent variables the levels of mango peel flour and ascorbic acid. The effects of these variables were evaluated according to physical-chemical characteristics (specific volume, protein, fat, ash, moisture, and color of crust and bread crumb, instrumental texture, total dietary fiber (FDT), insoluble dietary fiber (FDI), soluble dietary fiber (FDS), and sensory properties performed with 30 panelists. The results were analyzed by the Response Surface Methodology (MSR), indicating that protein percentages were higher than 11.8%; From 5 to 6.5% for the case of mango peel flour and 20 to 32 ppm of ascorbic acid, with respect to the specific volume, the addition of ascorbic acid (20 to 100 ppm) had no statistically significant influence on the response in While the addition of higher percentages of mango peanut flour (from 5 to 15%) leads to low volumes (less than 4.6 ml / g) in the mold breads, as well as the incorporation of dietary fiber from Mango shells influence the quality by obtaining loaves of very high fiber (> 6% FDT) mold.

Optimization values were obtained for color and flavor; The hardness, firmness and chewiness of the loaves of mold. % Protein,% Fat,% Ash,% Humidity, Water Retention Capacity (CRA) and Absorption Capacity of Organic Molecules (CAMO) for mango peel flour and how it influences the quality of the breads. The optimum for the flavor will be when 7.6% of mango peel flour and 60 ppm of ascorbic acid are added. The optimum to obtain the minimum hardness value will be when 8.7% of mango peel flour and 60 ppm of ascorbic acid are added and to obtain the minimum chewable value in the mold breads will be when 8.71% of shell flour is added of mango and 60 ppm of ascorbic acid.

Key words: Mold bread, mango peel flour, dietary fiber, ascorbic acid, surface response methodology (MSR)

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La inmensa producción de residuos que supone la normal actividad del hombre sobre nuestro planeta es uno de los principales problemas que confrontamos en la actualidad. Estos residuos provocan una progresiva degradación de nuestro entorno que puede llegar a ser, en algunos casos, irreversible, estos residuos orgánicos son producidos principalmente por las agroindustrias (Anguera, 2007).

Existen numerosos subproductos generados por la agroindustria cuya utilización puede ser de interés económico, entre ellos se encuentran las cascaras de los cítricos que provienen de la extracción de jugo. Estos deshechos generalmente son destinados para a alimentación animal y cuando no son utilizados representa un problema de contaminación ambiental. La fibra insoluble está compuesta de celulosa y lignina, las que provienen principalmente de la pared celular de las plantas y cascaras de las frutas; a su vez, cada parte de la planta está constituida por distintos tipos de tejidos que poseen paredes celulares con composición característica. El constituyente mayoritario de la fibra se encuentra en las paredes primarias y secundarias de las plantas y frutos. La celulosa y la lignina son sustancias insolubles en agua y en solventes comunes, principales componentes de la fibra insolubles (Lajolo et al. 2001).

La fibra insoluble, como tal, tiene propiedades beneficiosas para nuestro organismo por sus potenciales efectos para la salud, tales como la prevención del cáncer y enfermedades cardiovasculares, entre otras (Allison et al. 2007; Hawk et al. 2002).

Las fibras obtenidas a partir de frutas resultan de mayor calidad debido a que presentan una composición más equilibrada, menor contenido catiónico y de ácido fítico, mayor capacidad de retención de agua y aceite, así como una mayor fermentabilidad colónica (Saura y Larrauri, 1999).

Una buena alimentación es uno de los factores determinantes en la salud humana, en este sentido, muchos estudios han sido desarrollados por los investigadores que tratan de comprender los hábitos de alimentación y cómo

aumentar las propiedades de los alimentos para proporcionar una protección adicional en el riesgo de enfermedades crónicas (Bertasso, 2000).

Algunos autores señalan que los residuos procedentes de diferentes frutas, leguminosas y hortalizas son generalmente desechados por la industria, pero que podrían ser aprovechados como una fuente alternativa de nutrientes y fibra dietética. Por lo tanto, estos residuos podrían actuar como una base de crecimiento de los productos alimenticios o el desarrollo de nuevos productos (Botelho et al, 2002).

Moro es un Distrito de la Provincia del Santa rico en diversidad de frutos. Cuenta con un total de 100 Ha cultivadas con mango Kent, siendo su rendimiento de 15 TM/Ha.

“Agroindustria La Morina S. A.”, es una empresa joven, impulsada por la Asociación Caminemos Unidos (ACU), que inicia sus actividades el año 2008. Está dedicada a la producción y comercialización de néctares y mermeladas de frutas, para lo cual cuenta con maquinaria e infraestructura moderna de acuerdo con las normas de Buenas Prácticas de Manufactura, lo cual permite elaborar productos de calidad.

La planta está diseñado para una producción de 2.4 TM/día de néctar de mango, siendo necesario para ello un total de 1.5 TM de mango Kent. Producto de este proceso se obtiene 1050 Kg de pulpa (70%), 150 Kg de cáscara (10%) y 300 Kg de pepa (20%), los cuales son destinados para la elaboración de compost y utilizados en los sembríos diversos de la asociación. Por tanto es necesario evaluar posibilidades de aprovechamiento integral del mango, específicamente de la cascara, para la obtención de Fibra Dietética (FD) alterna a los cereales, principalmente el salvado de trigo, que ha sido el típico ingrediente en alimentos enriquecidos con este componente, pero que al estudiar sus propiedades, se han encontrado deficiencias en cuanto al balance entre la fracción soluble e insoluble, predominando esta última; por lo que se ha recurrido al empleo de FD proveniente de otras fuentes, entre ellas leguminosas, frutas y verduras; en ellas el balance mejora, llegando a considerarse buenas fuentes, pues se sabe que en términos de beneficio a la salud, un contenido de fibra soluble de 30% a 50% y de insoluble de 70 a 50%

se considera bueno y las frutas y verduras cumplen con este requisito (Griguel Miguel *et al.*,1999).

Esta realidad problemática posee las siguientes características:

a.- En nuestro país los desechos o subproductos agrícolas (cáscaras, huesos, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son arrojados a los basureros. Dichos subproductos son generados en grandes volúmenes y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado.

b.- Existe un incremento en las exportaciones de pulpa congelada de mango (32 000 TM, periodo 2015/2016, según Camposol), y esto incrementa la obtención de cascara y pepa de mango, como subproductos a ser utilizados en panificación.

c.- Por otra parte, las cáscaras y el hueso del mango que pueden considerarse desechos pueden ser una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como la pectina, polifenoles y manguiferina en las cáscaras, ácidos grasos poliinsaturados en el hueso y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria. Por ello, es importante evaluar su utilización como sucedáneo de la harina de trigo en la elaboración de pan de molde.

1.2. ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACION

En términos generales se abordaron trabajos de investigación realizados en el ámbito internacional, nacional y local que tenga que ver con la utilización de subproductos agroindustriales en panificación, con mayor pertinencia, y en otros alimentos, con menor pertinencia.

1.2.1. **Ámbito Internacional**

Al evaluar polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales, se evaluó el efecto del tamaño de partícula (250 μm y 180 μm) sobre la humectabilidad, solubilidad, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC) e hinchazón en polvos liofilizados obtenidos de cáscaras de mango de las variedades criollo, Keitt, y Tommy Atkins. Además, el contenido de antocianinas, carotenoides, licopeno y ácido ascórbico. El tamaño y la variedad influyeron significativamente ($p < 0.05$) sobre las propiedades funcionales de los polvos; a mayor diámetro, menor fue el tiempo de humectabilidad y mayor CRA y CRAC; y a menor diámetro mayor fue la solubilidad. El polvo de la variedad criollo mostró la mayor humectabilidad, solubilidad, contenido de antocianinas y ácido ascórbico. Las variedades Tommy Atkins y Keitt presentaron valores más altos de CRA (7.79-8.18 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y CRAC (4.15-4.71 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). El estudio muestra que los polvos de cáscara de mango pueden utilizarse para el desarrollo de alimentos funcionales (Serna, Torres y Ayala, 2014).

Los Compuestos bioactivos y el potencial antioxidante del extracto de cáscara de mango fueron estudiados para determinar polifenoles, antocianinas y el contenido de carotenoides en las cáscaras contenidas en extracto de acetona. Cáscaras maduras contenían mayor cantidad de antocianinas y carotenoides en comparación con las cáscaras inmaduras, mientras que la cáscara de mango verde tenía alto contenido de polifenoles. La actividad antioxidante de las cáscaras de mango maduro y verdes, extraído en acetona, se determinó utilizando diferentes sistemas antioxidantes como la reducción de la actividad de energía, eliminación de actividad de radicales libres DPPH, peroxidación lipídica inducida por hierro de microsomas del hígado y la inhibición de la lipoxigenasa de la soja. Se encontró que los valores de IC50 para estar en el rango de 1,39-5,24 μg de equivalentes de ácido gálico. Así, el extracto de piel de mango exhibió buena actividad antioxidante en diferentes sistemas y por lo tanto puede ser utilizado en alimentos nutraceuticos y funcionales (Zapata, Cortes y Rojano, 2013).

En la caracterización de polvo rico en fibra y la capacidad antioxidante de cáscaras de frutas de *Mangifera Pajang K.*, se evaluaron las propiedades físico-químicas y la capacidad antioxidante para el polvo rica en fibra (FRP) y también se estudió la composición química de la fibra dietética soluble (SDF) y fibra dietética insoluble (FDI). El FRP tenía una alta cantidad de fibra dietética total (TDF; 72,3 g / 100 g FRP) con una relación de SDF / IDF equilibrada (46,3 / 53,7%). El FRP tiene un alto índice de retraso de la glucosa, la capacidad de retención de agua (WHC), la capacidad de retención de aceite (OHC), y la hinchazón. La capacidad antioxidante de la FRP, según lo determinado por el ensayo de DPPH usando un lector de ELISA, exhibió una fuerte potencia debido a la presencia de polifenoles totales asociados (98.3 mg / g FRP). Estas características de FRP indicaron que las cáscaras de Bambang son una fuente rica de DF, antioxidantes y otros compuestos bioactivos que se puede incorporar con productos alimenticios para mejorar las propiedades de estos productos nutracéuticos (Abdulrahman, 2011).

El estudio de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de variedades de mango brasileño (*Mangifera indica L.*) realizado para cuatro variedades de mango que se cultivan en Brasil identifico el perfil de las xantonas-C-glucósidos flavonoles-Oglycosides y se caracterizó en pulpas de Haden, Tommy Atkins, Palmer y cultivares Uba' y en los residuos agroindustriales a partir de la variedad Uba' por análisis LC-ESI-MS. Se recogieron los primeros tres variedades de la producción convencional, mientras que Uba' se obtuvo de la producción orgánica. Se analizó el contenido de fenoles totales de las cáscaras y extractos de semillas del centro utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Se analizaron los extractos acuoso-metanólicos de pulpa, cáscara y semillas de la actividad antioxidante de los radicales de captación libre y poder reducido.

Se identificaron un total de 12 flavonoides y xantonas en las pulpas, cáscaras y semillas de la variedad Uba', con cultivo ecológico, con mayores cantidades de estos compuestos, que las variedades de mango de cultivo convencional. La pulpa de mango Uba' presentó mayor actividad antioxidante y los extractos del núcleo o centro de la cáscara y semillas mostró una mayor actividad

antioxidante que los mangos convencionales o estándares comerciales (Ribeiro et al., 2008).

La caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) para su incorporación en galletas, permitió obtener un tamaño de partícula menor a 291 μm , 6.25% de humedad, 5.43% de cenizas, 4.82% de proteína cruda, 1.98% de grasa cruda, 12.06% de fibra cruda, 75.71% de ELN, 56.68% de fibra dietética total, 29.46% de fibra dietética soluble y 27.21% de fibra dietética insoluble.

Funcionalmente se obtuvo una retención de agua y de aceite de 4.07 ml agua/g muestra y 1.46 g aceite/ g muestra, respectivamente; una actividad emulsificante de 7.16% y una estabilidad de la emulsión de 55%.

Al incorporarse los residuos fibrosos en galletas integrales, se sustituyó el contenido de salvado de trigo por los residuos obtenidos y se evaluaron sensorialmente con jueces consumidores utilizándose una escala hedónica de siete puntos, encontrándose igualdad estadística ($p < 0.05$) entre los productos elaborados (García, 2003).

En la obtención y caracterización de harina de mango (*mangífera indica*) utilizando secado convencional y secado solar se siguió un flujo de procesamiento que comprendía: clasificación y/o selección; lavado; pelado; cortado (en rodajas con 3 mm de espesor); acondicionado (con bisulfito de sodio: al 0,3 % por 5 minutos para el secado convencional y 0,34 % para el secado solar); secado (el secado convencional en un secador de bandejas con temperatura de entrada de 62 °C y 52 °C; velocidad de aire de 1,5 y 3 m/s y HR de 25 % y 35 %; secado solar los parámetros se daban de acuerdo a las condiciones del medio ambiente); molido; tamizado y empacado en paludol (papel de aluminio y polietileno).

También, con la finalidad de conocer el efecto de los parámetros de secado sobre las características del producto se determinaron las pérdidas de vitamina c y del β -caroteno (López y Carlos, 2002).

Jibaja (2014), determinó la capacidad antioxidante y el análisis composicional de harina de cáscara de mango, *mangífera indica*, variedad "criollo". Las cáscaras frescas de mango (*Mangífera indica*), se secaron por convección de

aire forzado y fueron molidas hasta obtener en su mayoría un diámetro de partícula menor de 0.5 mm. En tanto a la capacidad antioxidante medido por el método del DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), presentó un IC (Concentración del extracto al cual inhibe a la mitad el 50 radical DPPH) de 230.81 µL obtenido de la harina de cáscara de mango (*Mangífera indica*). En el análisis composicional se obtuvieron datos de: 16.88% de humedad, 1.99% de grasa, 5.44% de proteína, 78.60% de E. L. N. (Extracto Libre de Nitrógeno), 11.20% de fibra cruda y 2.84% de ceniza. De esta manera se pudo determinar que los residuos del mango pueden ser aprovechables como un subproducto con características funcionales valiosas para la nutrición.

En la investigación sobre la utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos se concluye que podría ser de gran utilidad ya que el valor económico de los residuos agroindustriales es bajo, no posee casi lípidos y podrían ser una buena fuente de fibra y de minerales, además de que debido a la cantidad de polifenoles presentes podrían ser utilizados como antioxidantes y prebióticos. La incorporación de estas fibras en productos cárnicos podría además ser de gran interés para mejorar la textura, aumentar el rendimiento y darle un valor agregado al producto a bajo costo (Chávez-Zepeda *et al.*, 2009).

En la investigación sobre la evaluación de subproducto obtenido en la elaboración de jugos de mango y guayaba como fuente de fibra antioxidante se realizó el análisis fisicoquímico a las muestras de mango el cual mostro una capacidad de absorción de agua y de aceite de 3.31 y de 9.8 mL/g respectivamente, mientras que para guayaba fue de 2.03 y de 12.5 mL/g respectivamente. En el análisis proximal se observó un mayor contenido de fibra soluble en producto de mango (8.66%) comparado con el producto de guayaba (1.33%), sin embargo, esta última presento 1.65 veces más fibra dietaria total que el producto de mango.

Con respecto a los fotoquímicos, el mango presentó 3.2, 13.1, 1.7 y 14 veces mayor concentración de beta caroteno, fenoles extraíbles, flavonoides y taninos hidrolizables respectivamente que para la guayaba. En el subproducto de mango se encontró un mayor contenido de ácido gálico, protocatecoico,

siringico y elagico, mientras que en guayaba se encontró mayor cantidad de ácido benzoico y resveratrol.

En la capacidad antioxidante, el producto de guayaba presento mayor capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) respecto al producto de mango. Se realizaron ensayos in vitro para determinar la capacidad de atrapamiento de glucosa, obteniéndose valores de V_{max} ($mg\ dL^{-1}/min$) de 49 para la celulosa que se usó como fibra control, 47 para producto de mango y 49.89 para producto de guayaba, presentando similar capacidad de retención de glucosa. Se cuantificó la actividad de la enzima alfa amilasa y se observó un porcentaje de inhibición de 64.1% con producto de mango y de 6.3% con producto de guayaba (Olivera, 2012).

El Efecto de la xilanasa, glucosa oxidasa y ácido ascórbico en la calidad del pan de molde de harina de trigo de grano entero implicó el uso de harinas, el cual fue sometida a análisis de composición centesimal, granulometría, cantidad e índice de gluten, farinografía, extensografía, viscosidad de carpeta y falling number. Se elaboró un delineamiento compuesto céntrico rotacional con tres variables independientes: xilanase (x1), glicose oxidase (x2) y ácido ascórbico (x3).

El diseño incluyó diecisiete ensayos: ocho puntos factoriales, seis puntos axiales y tres repeticiones punto central. Los resultados fueron analizados por metodología de superficie de respuesta. Las variables dependientes fueron las propiedades reológicas de la harina y las características del pan. Se analizaron las hogazas de pan para el volumen específico, la actividad de agua, la humedad, textura y color de la miga.

Dos formulaciones, seleccionado en el rango óptimo fueron encontrados en el diseño (xilanasa: 92,38EDX / kg, la glucosa oxidasa: ácido 148,95 SRU/ kg, ácido ascórbico: 80 ppm y xilanasa: 92,38EDX / kg, glucosa oxidasa: 137,37SRU / kg, ácido ascórbico: 70 ppm), y una formulación estándar fue sometido a pruebas de aceptación e intención de compra de 37 catadores que evaluó el atributo de apariencia, color, aroma, sabor y textura (Batista, 2007).

González y García (2013) estudiaron el efecto de la adición del ácido ascórbico en la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de

quinua (*Chenopodium quinoa willd*). Para realizar las formulaciones utilizaron un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de Harina de Quinoa y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan), propiedad sensorial realizada con 30 panelistas no entrenados y propiedades reológicas de las harinas.

Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que el ácido ascórbico mejora la calidad del pan en cuanto a su característica de volumen específico, sensorialmente al color de la miga y textura en los panes de molde. La harina de quinua y el ácido ascórbico tuvieron influencia estadísticamente significativa en el volumen de los panes de molde, logrando obtener panes con volúmenes específicos entre 4.37 y 4.96 ml/g, mínimo y máximo respectivamente; esto debido al efecto del ácido ascórbico.

Así mismo se logró obtener tres mejores formulaciones, como son: formulación 1 (4.64% de quinua y 31.7 ppm de ácido ascórbico), Formulación 3 (4.64% de quinua y 88.3 ppm de ácido ascórbico) y Formulación 9 (11% de quinua y 60 ppm de ácido ascórbico).

Se indica, además, que la adición del ácido ascórbico en la mezcla refuerza la red de gluten dando un mayor índice de tolerancia y mejor consistencia (evaluados por el farinógrafo) y una mayor resistencia a la extensibilidad (evaluados por el extensógrafo).

El trabajo de investigación sobre el efecto de la adición de ácido ascórbico y harina de plátano (*musa paradisiaca*) en las características tecnológicas de un pan de molde funcional involucró realizar formulaciones utilizándose un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de Plátano y Ácido ascórbico en sustitución en el producto terminado.

Los efectos de estas variables fueron evaluadas en función a las características físico-químicas (volumen específico y color de miga) y propiedades sensoriales realizadas con 30 panelistas. Los resultados fueron analizados utilizando el programa Statistics 5.0 (Metodología de Superficie de Respuestas - MSR),

indicando que la adición del ácido ascórbico y harina de plátano no tuvieron influencia respecto a nuestro pan de molde, el cual concluimos que nuestras formulaciones 9, 10 y 11 con condición de punto central o repeticiones indican la buena repetitividad del proceso de elaboración de los panes de molde (Rossel y Núñez, 2014).

En el estudio sobre concentrado de fibra de mango: caracterización, capacidad antioxidante asociada y aplicación como ingrediente de productos de panadería tuvo como objetivo caracterizar un concentrado de fibra dietética de mango (MDF) con capacidad antioxidante, utilizando la fruta verde. Se obtuvo MDF, su composición química, la fibra dietética (IDF), soluble (SDF) e insoluble, polifenoles extraíbles, fueron evaluados la capacidad de retención en agua y en aceite y la eficiencia anti-radical. MDF mostró bajo de lípidos y un alto contenido de almidón y los niveles de SDF / IDF equilibradas, que es importante para la funcionalidad de fibra en la dieta humana.

MDF exhibido adecuada capacidad de retención de agua, similar a otras fibras de frutas, pero tuvo una baja capacidad de retención de aceite. Productos de panadería preparada con MDF conserva el equilibrio de SDF y la FIL y la mayor parte de su eficacia anti-radical. En las pruebas de digestibilidad in vitro de almidón, los productos de panadería MDF indican un índice glucémico bajo predicho. MDF podría ser una alternativa para el desarrollo de productos con componentes DF equilibrados y baja respuesta glucémica, dirigidas a las personas con necesidades especiales de hidratos de carbono / energía (Vergara *et al.*, 2007).

Marchan y Zeballos (2008) estudiaron la optimización de la formulación de un pan de molde enriquecido con coca (*Erythroxyllum*), camote (*Ipomoea batata*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*).

La formulación óptima fue de 1% de harina de coca, 10.05% de pulpa de camote, 8.95 de harina de kiwicha y 80% de harina de trigo.

La harina de coca predomina positivamente en el nivel de proteína, pero negativamente en las características organolépticas del pan de molde. La amarantina de la harina de kiwicha predomina en el color del pan de molde. El ácido glutámico de la pulpa de camote favorece en la textura del pan de molde, dándole más elasticidad y tenacidad a la masa.

La composición química experimental del pan de molde optimizado tiene 25.57% de Humedad, 14% de Proteína, 2.77% de Grasa, 58.88% de carbohidratos y 0.78% de Ceniza.

El pan de molde óptimo cumple las exigencias microbiológicas sanitarias para su consumo.

Vergara (2005) en el estudio sobre obtención de fibra dietética antioxidante a partir de mango y su aplicación en productos de panificación caracterizó fisicoquímica y funcionalmente la fibra dietética obtenida del mango (Var. Tommy Atkins), así como determinó la capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos presentes en ella y evaluó su adición en dos productos de panificación. Se obtuvo fibra dietética de mango (FDM), la cual fue utilizada para elaborar pan y galleta tipo "gourmet", así como los controles respectivos sustituyendo la fibra dietética de mango por germen de trigo.

El contenido de fibra dietética total (FDT) fue de 28%. De esta, la fracción soluble presentó un valor de 14.8%, y la fracción insoluble un 13.2%, lo que refleja un balance entre estas fracciones. Funcionalmente la fracción soluble se relaciona con la solubilidad, hinchamiento, capacidad de retención de agua y viscosidad de la fibra, que son factores determinantes en las funciones gastrointestinales. El contenido de polifenoles solubles totales fue de 16.1 mg /g, los cuales mostraron una capacidad antioxidante clasificada como muy alta.

Por otro lado, los productos formulados con FDM presentaron valores mayores en el contenido de FDT (16.5 y 17.4% pan y galleta, respectivamente), además de obtener un mejor balance de fibra dietética insoluble y soluble que en los productos control. El contenido de polifenoles solubles (10.1 y 11.8 mg/g pan y galleta, respectivamente) y capacidad antioxidante, mientras que en los productos control, no se detectaron. Estos resultados demuestran que el proceso térmico (horneado de la galleta y pan), no solo afectó la concentración de los compuestos polifenólicos. Respecto al contenido de almidón disponible, los productos adicionados con FDM presentaron menores valores (58.0 y 46.0%, pan y galleta, respectivamente) en relación con sus controles, siendo estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$). Esto pudo deberse porque probablemente la fibra hace inaccesible la hidrólisis enzimática debido a la viscosidad que confiere la fibra dietética soluble. Respecto al índice de hidrólisis

y predicción del índice glucémico, el pan adicionado con FDM, presento valores similares con su control; mientras que la galleta adicionada con FDM presento un menor valor que su control, siendo estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

1.2.2. **Ámbito Local**

Marquina y Escobar (2008) en la tesis “Optimización de la Formulación de un pan de molde enriquecido con: *Coca (Erythroxylum)*, *Camote (Ipomoea batata)* y *Kiwicha (Amaranthus caudatus)*”, trabajan con el modelo Mixture Design, aplicando como característica de diseño D-optimal Design.

Se obtiene como formulación óptima 1% de harina de coca, 10.05% de pulpa de camote, 8.95 de harina de kiwicha y 80% de harina de trigo. Indican, además que la harina de coca predomina positivamente en el nivel de proteína, pero negativamente en las características organolépticas del pan de molde, la amarantina de la harina de kiwicha predomina en el color del pan de molde y el ácido glutámico de la pulpa de camote favorece en la textura del pan de molde, dándole más elasticidad y tenacidad a la masa.

Fiestas y Villegas (2010) en la tesis “Obtención de pan de molde con sustitución parcial de la harina de trigo por pulpa de yacón (*smallanthus sonchifolia*)”, diseñaron un diagrama de flujo del proceso tecnológico para la elaboración del pan de molde, se realiza la formulación aplicando dos variables independientes: mecanismo de obtención de pulpa de yacón (Yacón licuado y Molienda) y porcentaje de sustitución de harina de trigo por pulpa de yacón; de acuerdo a la formulación en elaboración de pan de molde las proporciones fueron 27.5% de pulpa de Yacón : 72.5% de Harina de trigo, 20% de pulpa de Yacón : 80% de Harina de trigo, 30% de pulpa de Yacón : 70% de Harina de trigo, 22.5% de pulpa de Yacón : 77.5% de Harina de trigo, 25% de pulpa de Yacón : 75% de Harina de trigo; para cada acondicionamiento.

La formulación óptima fue de 27.5% de pulpa yacón como sustitución parcial por la harina de trigo, con acondicionamiento de rayado y cuyos resultados fueron los siguientes: Humedad: 31.79, Grasa: 10.45, Ceniza: 4.01, Valor panadero: 9, Volumen específico: 3.2216, pH: 5.3.

Alonso y Montero (2014), en la tesis “Efecto de la adición de ácido ascórbico y harina de plátano (musa paradisiaca) en las características tecnológicas de un pan de molde funcional”, realizaron formulaciones utilizando un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de Plátano y Ácido ascórbico sustitución en el producto terminado.

Los efectos de estas variables fueron evaluadas en función a las características físico-químicas (volumen específico y color de miga) y propiedades sensoriales realizadas con 30 panelistas. Los resultados fueron analizados utilizando el programa Statistics 5.0 (Metodología de Superficie de Respuestas - MSR), indicando que la adición del ácido ascórbico y harina de plátano no tuvieron influencia respecto a nuestro pan de molde, el cual concluimos que nuestras formulaciones 9, 10 y 11 con condición de punto central o repeticiones indican la buena repetitividad del proceso de elaboración de los panes de molde.

Santa María y Cerna (2010), en la tesis “Efecto de la adición de ácido ascórbico sobre la calidad del pan de molde con sustitución parcial de harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y Salvado de trigo (*Triticum aestivum*)”, desarrollaron formulaciones utilizando un delineamiento factorial completo 2^3 , considerando como variables independientes los niveles de Harina de kiwicha, Salvado de trigo y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan) y propiedades sensoriales realizados con 30 panelistas.

La intención de compra para las formulaciones determinaron como mejores a la 3 (5% de Harina de Kiwicha, 8.5% de Salvado de Trigo y 36 ppm de Ácido Ascórbico) y 5 (5% de Harina de Kiwicha, 3.5% de Salvado de Trigo y 84 ppm de Ácido Ascórbico). El salvado de trigo, la harina de kiwicha y el ácido ascórbico tuvieron influencia estadísticamente significativa en el volumen de los panes de molde. Siendo los ensayos 5 y 9 los de mayores volúmenes específicos; 5.02 ml/g y 5.04 ml/g, respectivamente, superiores al volumen específico presentado por el pan patrón (4.49 ml/g); esto debido al efecto del ácido ascórbico. El salvado de trigo afectó negativamente los parámetros de color instrumental, volumen específico; y sensorialmente, el color de la miga y la textura de los panes de molde.

Murga y Sánchez (2013), en la tesis “Efecto de la adición del ácido ascórbico en la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*)”, utilizaron en las formulaciones un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de Harina de Quinua y ácido ascórbico.

Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan), propiedades sensoriales realizadas con 30 panelistas no entrenados y propiedades reológicas de las harinas. Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que el ácido ascórbico mejora la calidad del pan en cuanto a su característica de volumen específico, sensorialmente al color de la miga y textura en los panes de molde.

La harina de quinua y el ácido ascórbico tuvieron influencia estadísticamente significativa en el volumen de los panes de molde, logrando obtener panes con volúmenes específicos entre 4.37 y 4.96 ml/g, mínimo y máximo respectivamente; esto debido al efecto del ácido ascórbico. Así mismo obteniendo sensorialmente a las tres mejores formulaciones como son: formulación 1 (4.64% de quinua y 31.7 ppm de ácido ascórbico), Formulación 3 (4.64% de quinua y 88.3 ppm de ácido ascórbico) y Formulación 9 (11% de quinua y 60 ppm de ácido ascórbico).

Arteaga y Silva (2015), en la tesis “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”, utilizaron en las formulaciones un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de harina de tarwi y harina de cascara de maracuyá.

Para lograr obtener los porcentajes de la mejor sustitución se elaboró cupcakes a partir de 11 mezclas constituidas por proporciones de las 3 harinas (H. Trigo, H. Tarwi, H. Cascara de Maracuyá), proporciones que establecimos haciendo uso del Statistica y manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base; los cuales fueron evaluados en función al porcentaje de color de la corteza y la miga, textura y volumen específico datos que se analizaron con un

nivel de significancia del 95 % y haciendo uso del mismo paquete. Estos sirvieron para determinar la mejor sustitución parcial de las harinas en las siguientes proporciones: 87% harina trigo, 5% harina tarwi y 12 % harina cascara de maracuyá (con respecto a 100% de harina); a esta se le realizó análisis reológicos para ver su comportamiento frente a la muestra control que contenía solo harina de trigo, observándose que contenía más fibra debido a la harina de cascara de maracuyá y que su contenido de proteína se elevaba por el aporte de la harina de tarwi, la cual es rica en proteínas.

Guzmán y López (2015), en la tesis “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y grano entero de chía (*salvia hispánica*) en la elaboración de cupcakes”, se elaboró cupcakes a partir de, 11 formulaciones constituidas por Harina de trigo, Harina de Kiwicha y grano entero de chía en proporciones que fueron establecidas utilizando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2² y el programa STATISTICA versión 8.0 y manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base; los cuales fueron evaluados en función al sabor, textura, aroma y color, datos que fueron analizados con un nivel de significancia de 5 y 10%.

Estos sirvieron para determinar el cupcake con mayor aceptabilidad con los siguientes porcentajes 79% de harina de trigo, 12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chía (con respecto al 100%). El cupcake de mayor aceptabilidad se analizó a través de 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente con respecto a los parámetros exigidos a la Norma Técnica Peruana (% proteína y % fibra). Contrastándolos con los valores reportados por el cupcake control (100% harina de trigo), se obtuvo para el primero un % de Proteína de 7.83 frente a 7.29 y en % de Fibra se obtuvo 2.72 frente a 0.2. Finalmente, se determinó que el tiempo de vida útil del producto a temperatura ambiente (26°C aproximadamente), mediante el Método de Cinética de Reacción del % de Acidez, se determinó un tiempo de vida útil de 19 días para el producto.

1.3. CARACTERIZACION Y NATURALEZA DEL OBJETO DE INVESTIGACION

Lo más importante es saber qué sentido va a tener la investigación, qué es lo que estamos queriendo hacer y cuál es la clave; conocer la clave es tener acceso al conocimiento.

El Mango es una buena fuente de fibra dietética y de polifenoles. Diversos estudios evaluaron las propiedades fisicoquímicas de la cascara de mango y reportaron una alta cantidad de fibra dietética soluble con un valor de 281 g/Kg. Contenidos similares solo se obtienen de frutas cítricas; además, la fibra tuvo una capacidad de retención de agua de 11.4 g/g en base seca, el valor fue superior comparado con fibras comerciales. La cantidad de polifenoles extraíbles fue de 70 mg/g.

El contenido de fibra dietética insoluble fue similar a los valores encontrados en fibras comerciales de manzana y limón, a su vez la composición mineral mostro que los elementos en mayor contenido fueron: calcio, potasio y magnesio, por lo tanto la cascara de mango puede ser considerada como una buena fuente de fibra dietética de excelente calidad. Con todo lo anterior, la fibra de mango puede ser de beneficio potencial en el control de enfermedades como diabetes u obesidad (Larrauri et al., 1996). Otros, obtuvieron fibra dietética de mango a partir de la cascara y pulpa y evaluaron el efecto hipoglucémico de dicha fibra *in vitro*, así como su efecto sobre la degradación enzimática del almidón y la difusión de glucosa.

Estos autores reportaron que la fibra de mango retrasa la hidrolisis del almidón en un 56.6%, mientras que la muestra de referencia (almidón sin fibra) se hidrolizo en un 71.9%, también mostro efecto en el retraso de la difusión de la glucosa en un 33.1%. Finalmente, concluyen que el mango puede ser considerado como un alimento alto en fibra y que dicha fibra retrasa la digestibilidad del almidón y la difusión de glucosa, lo cual se traduce en que la fibra de mango podría disminuir la respuesta glucémica postprandial (Gourgue et al., 1992).

El objeto de la investigación viene a ser la utilización de los subproductos obtenidos del mango, variedad Kent, específicamente las cascara, cuando se procesa néctar de mango en la empresa Agroindustrias La Morina; y, que muchas veces se retiran a los campos de cultivo. A estas se les pasará por un proceso de obtención de

harina de cascara de mango para estudiar su utilización como sucedáneo de la harina de trigo en la elaboración de pan de molde.

Lo importante es enriquecer el pan de molde con el contenido de fibra dietética antioxidante que contiene la cascara de mango, así como de la grasa natural, caracterizado por la presencia de ácidos grasos poliinsaturados. Para ello se hace necesario evaluar que concentraciones de esta harina nos permite obtener un pan de molde sensorialmente aceptable y con características tecnológicas similares al pan de molde tradicional (100% con harina de trigo).

En este trabajo, el caracterizar la cascara de mango y los panes de molde elaborados con este producto, comprenderá determinar los valores de las proteínas, grasa, humedad, cenizas, textura instrumental, color instrumental, FDT, FDI, FDS y, finalmente, desarrollar el análisis sensorial respectivo. Todos estos análisis involucra manejarlos estadísticamente a través del software de optimización estadística v. 12.

La Organización Mundial de la Salud establece en 25 gramos la cantidad mínima de fibra que cada persona debe consumir a diario. Los alimentos ricos en fibra tienen una serie de propiedades imprescindibles para el correcto funcionamiento del organismo, como mejorar la hidratación, regular el tránsito intestinal o quemar el exceso de grasas. Además, está recomendada para las personas que realicen algún tipo de dieta de adelgazamiento porque prolongan la sensación de saciedad (OMS, 2000).

Los panes de harinas poco refinadas son los que aportan una mayor cantidad de fibra a la dieta humana. Por el contrario, los panes blancos, de harinas refinadas, son los que aportan una menor cantidad, llegando a un escaso 3%, mientras que el pan integral puede llegar a tener entre tres y cuatro veces más de fibra (unos 5,6 gramos por cada 100).

Catalogar a los panes de molde a obtener, ricos en fibra significa desarrollar los 11 tratamientos del diseño estadístico DCCR, en función a las variables arriba mencionadas.

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia de adición de harina de cáscara de mango, variedad Kent, y del ácido ascórbico en las características tecnológicas del pan de molde?

1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS

La adición de un 10% de harina de cáscara de mango, variedad kent, y 60 mg/kg ácido ascórbico permiten obtener un pan de molde con las características tecnológicas adecuadas como volumen específico de 4.6 ml/g, fibra dietética total (FDT) de 17%, fibra insoluble de 9%, fibra soluble de 5% y además una calidad fisicoquímica y sensorial aceptable.

A continuación, se definen las variables en estudio.

Variables independientes:

Concentración de harina de cascara de mango (HCM), en g/100 g harina de trigo.
Concentración de ácido ascórbico (AA), en mg/kg harina de trigo.

Variables dependientes:

%H, %Proteínas, % Grasa, % Humedad, %Cenizas, Volumen específico, Textura instrumental, Color instrumental (L, a y b), %Fibra dietética total (FDT), %Fibra dietética insoluble (FDI) y % Fibra dietética soluble (FDS).

1.6. FORMULACION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la Influencia de la adición de harina de cáscara de mango, variedad Kent, y ácido ascórbico en las características tecnológicas del pan de molde

1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener y Caracterizar fisicoquímicamente la harina de cascara de mango.
- Elaborar el pan de molde usando harina de cascara de mango y ácido ascórbico, utilizando el DCCR.

- Evaluar las características tecnológicas del pan de molde obtenido.
- Evaluar sensorialmente el color, sabor, textura y apariencia y la intención de compra para el pan de molde.

1.7. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La fibra dietética recibe una particular atención mundial por sus propiedades y por el papel que desarrolla en el organismo humano, pues ha ido adquiriendo importancia desde 1973, año en el cual el Dr. Burkitt propuso la hipótesis de la estrecha relación entre la carencia de fibra en las dietas con el desarrollo de distintas enfermedades y trastornos fisiológicos, siendo estos más frecuentes en los países industrializados.

En la tesis Obtención de Fibra Dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor (Priego Mendoza, 2007), se determinaron las condiciones de procesamiento, mediante escaldado con vapor, para la obtención de RF a partir de sáculos de naranja, teniendo como variable de respuesta el contenido de FDS. Los RF obtenidos bajo las mejores condiciones establecidas se compararon con los resultantes de un método de escaldado por ebullición y un control sin procesamiento, determinando para tal fin su composición química y calidad microbiológica.

El estudio de investigación obtención y caracterización fisicoquímica y funcional de las fibras dietéticas del níspero común (*mespilus germánica*) (Arroyo Salas et al., 2008), permitió demostrar la importancia de este fruto como fuente de fibras dietéticas. Para ello las fibras dietéticas se obtuvieron usando métodos gravimétricos estándar; en seguida se obtuvieron los espectros Infrarrojo de las fibras dietéticas usando un Espectrofotómetro Nicolet Abatar 380. Se encontró que el níspero común es una fuente de fibra dietética con excelente balance porque guarda una proporción de 56,54 a 43,46 % de fibras dietéticas solubles (FDS) a fibras dietéticas insolubles (FDI), respectivamente.

En el estudio obtención de fibra dietética soluble a partir del bagazo de manzana (L. Enciso et al., 2005), se obtuvo un método enzimático el cual generó un aumento del 14.8% de fibra dietética soluble con respecto al porcentaje inicial presente en el bagazo de manzana; además, esta fibra fue totalmente soluble en agua.

En la tesis caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética del fruto del níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la cascara de mango Obo (*Mangifera indica* L.) (Sánchez Guzmán, 2005), se pudo concluir que los contenidos de Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI), fueron 17.15%, 5.09% y 12.06% para los nísperos y 40.04%, 12.57% y 27.47% para la cascara de Mango Obo; siendo ambas buenas fuentes de FD, pues su balance FDS: FDI se ubicó en 30:70 y 31:69 para cada uno.

Estudios experimentales y epidemiológicos atribuyen a la fibra propiedades tan diversas como la de ser un regulador intestinal, actuando como laxante, factor preventivo del cáncer de colon, absorbente de ácidos biliares y como coadyuvante en la disminución de colesterol y de glucosa en la sangre (Periago *et al.*, 1993).

Esta es un componente importante de los alimentos vegetales, ya que procede de las paredes y tejidos de frutas, hortalizas, cereales y leguminosas. Las frutas y hortalizas presentan el mayor contenido de fibra dietética (20 y 31%, respectivamente), mientras que los cereales contienen hasta un 17% (Slavin, 1987). La fibra dietética por su resistencia a la digestión por las enzimas humanas sufre muy limitadas modificaciones en su estructura y es eliminada casi totalmente. Debido a estas propiedades, arrastra a los desechos digestivos y contribuye a eliminarlos de forma adecuada. Los dos tipos de fibra dietética tienen diferentes efectos fisiológicos. En general las fibras solubles (pectinas, gomas y mucilagos) retrasan el vaciamiento gástrico, desaceleran la hidrólisis del almidón, la absorción de glucosa y ayudan a reducir el colesterol en la sangre. Las fibras insolubles (lignina, celulosa y hemicelulosa) aceleran el tránsito intestinal, aumentan el peso de las heces y contribuyen a reducir el riesgo de algunos padecimientos del colon. Una dieta equilibrada debe incluir alimentos ricos en ambos tipos de fibra (Slavin, 1987).

La importancia de la fibra dietética en nutrición junto con la recomendación del incremento en su consumo, ha llevado a la industria alimentaria a la elaboración de nuevos alimentos enriquecidos con fibra como: el pan y las galletas. Los productos portadores de fibra son consumidos no solo para mantener un estado saludable, sino también para la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. Las frutas

además de tener un alto contenido de fibra dietética, también proporcionan microconstituyentes como son los compuestos polifenólicos o bien llamados antioxidantes que son agentes reductores que protegen a las células del daño oxidativo, siendo estos de beneficio potencial para la salud humana (Periago *et al.*, 1993).

Con la adición de fibra dietética a productos de panificación, se busca principalmente modificar formulaciones y crear con ello opciones alimenticias para los consumidores. Por ello los objetivos del presente trabajo se enmarcan en caracterizar fisicoquímica y funcionalmente a la fibra dietética obtenida del mango, así como determinar los compuestos polifenólicos presentes en ella y evaluar su adición en la elaboración de pan de molde; así como los controles respectivos sustituyendo la harina de trigo por fibra dietética de mango.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 FUNDAMENTOS FILOSOFICOS TEORICOS DE LA INVESTIGACION

La filosofía y la ciencia son actividades que sólo se pueden desplegar a través del acto de la investigación. Este presupone exploración del objeto en cuestión, búsqueda, examen e indagación de sus particularidades y causas que lo producen, determinación de sus tendencias de desarrollo, previsión de sus posibles alternativas de desenvolvimiento.

El deseo de conocer es consustancial a la naturaleza humana. No sólo se trata de que el mayor conocimiento o información tenga una indudable importancia práctica, sino que proporciona, igualmente, una satisfacción directa al hombre. Aristóteles, en su *Metafísica*, pone de manifiesto cómo todos los hombres desean por naturaleza saber. Y diferentes estudios psicológicos ubican el deseo por aumentar el conocimiento y comprensión junto con las necesidades estéticas de más alto nivel, cuya satisfacción es fuente íntima de un gozo que no se sacia nunca, y cuya frustración puede incluso causar importantes problemas psicológicos.

El conocimiento científico es producto de una empresa humana colectiva, en la que los protagonistas son los científicos, que hacen aportaciones individuales que después la crítica mutua y la cooperación intelectual se encargan de depurar, ampliar e impulsar. El objetivo es el de lograr un consenso racional de opinión entre los miembros de la comunidad científica, que se supone se comportan honradamente entre ellos, en el sentido de que van siguiendo a rajatabla las reglas establecidas por Merton en cuanto a la forma de presentar sus trabajos y evaluar los de sus colegas. En suma, el conocimiento científico, a diferencia de los otros productos intelectuales de la humanidad, es consensable, esto es que sus enunciados se pueden comunicar, a la vez que consensual, en el sentido de que los hechos y principios establecidos pueden ser aceptados como válidos por una mayoría contundente de científicos bien informados, que de esta forma pueden llegar a un acuerdo intersubjetivo (Cebrecos Bravo, 2011).

El presente trabajo de investigación se basa en el positivismo, constructivismo y en el hipotético-deductivismo liberalizado de Lorenzano que refleja más fielmente aún

la práctica científica. Popper, nos dice que el experimento surge de la teoría y no a la inversa.

El término positivismo fue utilizado por primera vez por el filósofo y matemático francés del siglo XIX Auguste Comte (1798-1857), pero algunos de los conceptos positivistas se remontan al filósofo británico David Hume (1711-1775), al filósofo francés Saint-Simon (1760-1825), y al filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804). En el positivismo hay determinados temas fundamentales que proceden de la tradición ilustrada, como es el caso de la tendencia a considerar que los hechos empíricos son la única base del verdadero conocimiento, la fe en la racionalidad científica como solucionadora de los problemas de la humanidad, o incluso la concepción laica de la cultura, entendida como construcción puramente humana, sin ninguna dependencia de teorías y supuestos teológicos (Geymonat, 2006).

El constructivismo es una corriente de la que se basa en la teoría del conocimiento constructivista. Von Glaserfeld fue el creador del constructivismo. Postula la necesidad de entregar al investigador herramientas (generar andamiajes) que le permitan crear sus propios procedimientos para resolver una situación problemática, lo cual implica que sus ideas se modifiquen y siga aprendiendo. (Tovar Santana, 2001).

El hipotético-deductivismo liberalizado es la respuesta metodológica que devuelve la razonabilidad al proceder del científico cuando defiende su hipótesis pese al fallo descalificatorio de la naturaleza, concediéndole una cuota mayor de libertad en su accionar.

Ella surge de las condiciones propias de la situación experimental -que introduce una complejidad mayor al esquema del hipotético-deductivismo-, y al cuestionamiento de lo indubitable de el o los enunciados básicos que refutan la hipótesis.

Obtener fibra dietética antioxidante de elevada calidad para el consumo humano, a partir de cascara de mango y utilizarlo en la elaboración de pan de molde, involucró, con claridad que lo que se contrasta no es sólo la hipótesis originaria, sino un conjunto de hipótesis, por lo que el experimentador se encuentra en condiciones tales que sin violar ninguna regla de racionalidad, pueda decidir que el resultado de la experiencia no refuta la hipótesis fundamental, sino a alguna de las hipótesis adicionales (Lorenzano, 1993).

El empirista construye su teoría del conocimiento y de la ciencia sobre la base firme de los hechos observables. Lamentablemente la inducción, herramienta lógica de su epistemología, le impide llegar hasta las leyes.

Para el refutacionista dogmático, los hechos refutan a las teorías; al hacerlo arroja por la borda junto con las hipótesis falsas, hipótesis que no necesariamente lo son, e inhibe investigaciones legítimas derivadas de las hipótesis ad-hoc.

El refutacionista liberalizado demuele cuidadosamente la seguridad en lo indudable de los hechos. Sin embargo, refleja más adecuadamente la actividad científica y estimula el aumento del conocimiento (Lorenzano, 1993).

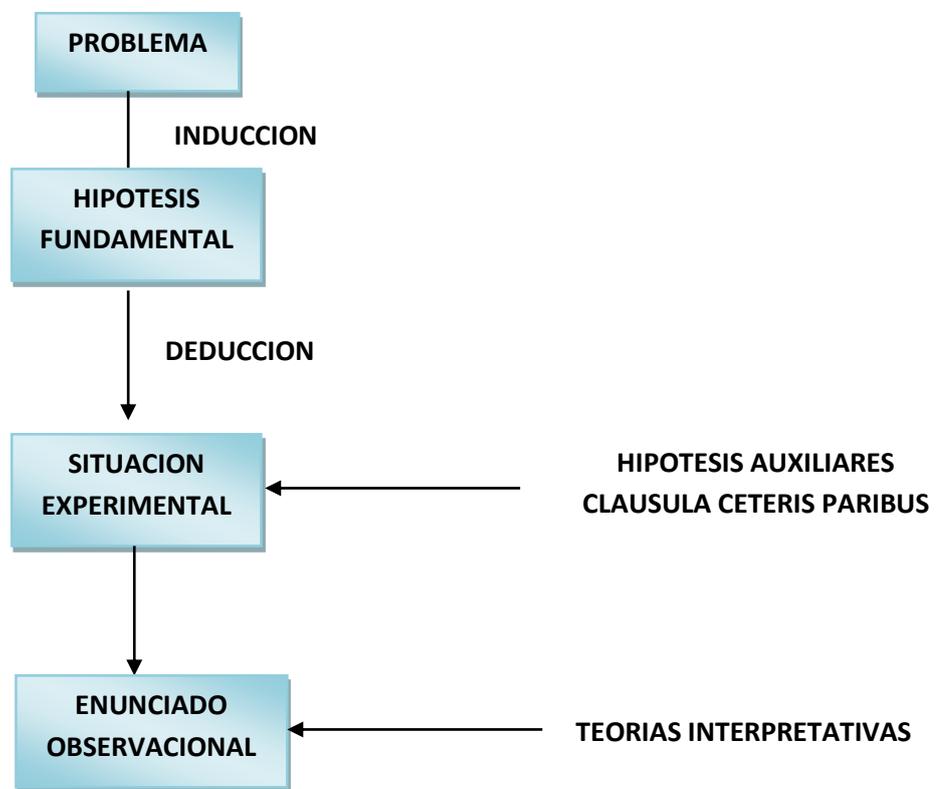


Figura 1: Modelo Hipotético-deductivo liberalizado

2.2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta una definición de términos básicos, abordada por varios autores sobre el problema de investigación planteada, las ideas y criterios de la realidad nacional y mundial y los fundamentos del objeto de la investigación.

2.2.1. Mango

Agrobanco (2007), desarrollo el manual del cultivo del mango, a través del Área de Desarrollo, mencionando aspectos valiosos sobre las características de la planta y el fruto.

El mango es una drupa de variadas formas de acuerdo con el cultivo, que contiene un carozo duro. La pulpa (que es la parte comestible) puede ser firme o acuosa, con o sin fibras, de color amarillo o anaranjado y de sabor variable. Las variedades mejoradas presentan fibras más cortas en el carozo. La cáscara del fruto es de un grosor variable. El peso del fruto a la madurez varía entre 100g hasta 2kg por unidad.

a. Variedades francas: tenemos el “Criollo de Chulucanas”, el “Chato de Ica”, el “Rosado de Ica”, etc. Los frutos de estas plantas por sus características de color amarillo, tamaño, fibrosidad de la pulpa y agradable sabor, vienen siendo utilizados últimamente para la elaboración de Pulpa y Jugos concentrados, los cuales son exportados al mercado europeo principalmente. Se calcula que el monto de la producción corresponde al 80% de la cosecha nacional.

b. Variedades mejoradas: tenemos principalmente a las variedades rojas: Haden (temprana), Kent (medianamente tardía), Tommy Atkins (temprana) y Edward (temprana); traídas de Florida, Estados Unidos a nuestra costa en la década del 50. Estas son las preferidas por los principales importadores y son exportadas en estado fresco.

El mango variedad Kent es de tamaño grande, pesando aproximadamente de 500 a 800 gr. , posee un color amarillo anaranjado adquiriendo en la madurez una chapa rojiza, es de forma ovalada orbicular, de agradable sabor, jugoso de poca fibrosidad y de alto contenido de azúcares (variedad semi- tardía).

c. Características del fruto en el Perú

Para los conocedores el mango peruano es el mejor de todos, debido a que se produce en un trópico seco donde no hay lluvias y el cultivo se

maneja a voluntad. La fruta tiene mejor color, más sólidos totales, más dulzura y menos trementina en la cáscara, llegando al mercado sin manchas de antracnosis, que es un problema muy frecuente en las zonas en donde la producción se realiza bajo lluvia.

d.Cosecha:

El mango entra en producción entre 4-6 años siempre que la planta se reproduzca por semilla, mientras que cuando se siembra la planta injertada regularmente al segundo año produce una cosecha y al tercer año se consigue una cosecha regular y con las exigencias comerciales. La época de cosecha se inicia en el mes de mayo y se extiende hasta mediados de agosto en los mangos criollos.

e.Composición química

La composición Química del Mango se representa en Tabla 1.

Tabla 1: Composición Química del mango

Compuesto	Valor
Energía (kcal)	60
Agua (g)	83,0
Proteína (g)	0,4
Grasa (g)	0,2
Carbohidrato (g)	15,9
Fibra (g)	1,0
Ceniza (g)	0,5
Calcio (mg)	17
Fósforo (mg)	15
Hierro (mg)	0,4
Retinol (mcg)	159
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	0,11
Niacina (mg)	0,39
Ácido Ascórbico mg)	24,8

Fuente: Collazos, 1992

f. Propiedades Nutritivas

Su composición es distinta según la variedad que se trate, pero todos ellos tienen en común su elevado contenido de agua. Aporta una cantidad importante de hidratos de carbono por lo que su valor calórico es elevado. Es rico en magnesio y en lo que a vitaminas se refiere, en provitamina A y C (200 gramos de pulpa cubren las necesidades de una persona de dichas vitaminas).

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. El beta-caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita. La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. Ambas vitaminas cumplen además una función antioxidante. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. Asimismo aporta fibra que mejora el tránsito intestinal.

g. Consumo y Aplicaciones del Fruto

El mango se puede consumir como fruta inmadura en trozos al natural, trozos en salmuera, trozos en vinagre y para salsas. El mango maduro es principalmente consumido en el mercado nacional e internacional en estado fresco, aunque también puede ser utilizado para elaborar diversas presentaciones agroindustriales, como jugos y néctares de mango, los cuales a su vez se pueden emplear para hacer mezclas de frutas tropicales, que son preferidas en el mercado europeo. Además se puede elaborar rebanadas de mango congeladas, deshidratados de mango, conservas de mango (purés, mermeladas y almíbar), las cuales son consumidas principalmente en el mercado externo.

Estos derivados agroindustriales pueden ser utilizados como bases para helados, nieves y refrescos, alimentos infantiles, repostería y dulcería. En general, en el caso de la pulpa concentrada y congelada para consumo directo, y adorno de repostería en el caso de rebanadas congeladas.

h. Zonas productoras

La producción nacional está centralizada en la costa, siendo Piura el departamento con mayor producción y superficie cultivada. La producción de mango ha venido creciendo a un ritmo exponencial en el departamento de Piura, en contraposición se encuentra la provincia de Ucayali, la cual ha sufrido una reducción en la producción principalmente durante los últimos 5 años, en Lima se ha mantenido constante y Lambayeque, si bien ha mostrado un crecimiento, este no ha sido en la misma proporción que en el departamento de Piura en donde se puede observar que el crecimiento es cíclico. Aproximadamente cada tres años de crecimiento es seguido de un año recesivo en la producción.

2.2.2. Harina de Cascara de Mango (HCM)

La cascara de mango, variedad Kent, pasa diversas etapas antes de obtener la harina respectiva, estas son:

- a. Recepción de la materia prima:** Se recepciona en jabas o sacos de rafia de 50 kg aproximadamente.
- b. Selección y clasificación:** Se realiza con la finalidad de eliminar las cáscaras deterioradas y oscuras.
- c. Lavado y desinfección:** El lavado se realiza con agua potable para eliminar restos de partículas extrañas, suciedad y tierra de la superficie del fruto. La desinfección se realiza por inmersión en tinas con agua potable e hipoclorito de sodio al 0.05%.
- d. Secado:** Las cáscaras se pueden secar en un secador de bandejas horizontales de aire forzado a 55 °C, durante 4 horas.
- e. Molienda:** Para la molienda se emplea un molino manual, obteniendo partículas de 0.2 mm, en promedio.

- f. **Tamizado:** Se utiliza un tamiz vibratorio para obtener harina con 0.01m de diámetro.
- g. **Envasado:** Una vez lista la harina, se debe empacar en bolsas de polipropileno y aluminio, debidamente selladas para evitar la humedad del medio.

2.2.3. Fibra dietética

El termino fibra dietética apareció por primera vez en 1953 y se refirió a la hemicelulosa, celulosa y lignina (Hispley, 1953). Más tarde, Burkitt (1972), definió a la fibra dietética como el remanente de las paredes celulares de las plantas que no son hidrolizados por las enzimas digestivas del ser humano. La fibra dietética incluye, polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a la planta; promueve efectos fisiológicos benéficos incluyendo laxación, atenuación del colesterol y de la glucosa en sangre.

a. Clasificación

La fibra dietética se clasifica como fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI). Ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos distintos, la fibra soluble tiene la capacidad de volverse viscosa y por lo tanto de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y absorción de alimentos, generando una mayor sensación de saciedad (Anderson et al., 2000).

Las propiedades funcionales de la fibra dietética tienen repercusión en la capacidad de retención de agua y aceite, estando influenciadas no solamente por los constituyentes de esta, sino también por el procesamiento por medio del cual se obtuvo y el tamaño de partícula conseguido.

b. Efectos fisiológicos y terapéuticos derivados por el consumo de fibra dietética

La evidencia clínica (Burkitt y Trowell, 1975; Grundy, 1998) ha demostrado que la ingesta de fibra reduce la concentración de colesterol

en la sangre, mejora el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, facilitando la pérdida de peso; además, las dietas ricas en fibra son sugeridas para la protección contra el cáncer de colon.

c. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante

La estructura química de los compuestos polifenólicos es especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante que puede ser como captadores de radicales libres, como quelantes de iones de metal o mediante la interrupción de cadenas de peroxidación. Por su capacidad de inhibir, activar o proteger enzimas específicas en el organismo, los distintos polifenoles tienen cada uno acción antioxidante particular.

Cada polifenol actuará por uno o más de estos mecanismos según sus propiedades particulares. Lo anterior, explica las evidencias epidemiológicas relativas al consumo de polifenoles antioxidantes como protectores de enfermedades crónicas que hoy son la preocupación principal de la salud pública mundial. En las frutas se encuentran altas concentraciones y constituyen uno de los grupos de sustancias más ampliamente distribuidos en el reino vegetal, estando implicados en sistemas de defensa de las plantas frente a parásitos patógenos y depredadores. Presentan una estructura muy variada, encontrándose desde moléculas simples, como fenoles, a sustancias de alto grado de polimerización, como taninos condensados (Saura-Calixto y Jimenez-Escrig, 2001).

2.2.4. Score químico

El valor biológico de una proteína depende fundamentalmente de su composición en aminoácidos indispensables. Conocida ésta es posible predecir, dentro de ciertas limitaciones, su comportamiento en el organismo; para ello solo es necesario contar con un adecuado patrón de comparación. El problema fundamental para seleccionar un patrón reside en el hecho de que el valor biológico de una proteína no es constante, sino que depende de

una serie de variables entre las que se encuentran la especie, edad, y el estado fisiológico.

El primer patrón utilizado fue la proteína del huevo. Su uso ha sido muy criticado ya que su composición en aminoácidos no es constante y el contenido de algunos aminoácidos es excesivo. Por esta última razón la mayor parte de las proteínas alimenticias aparecen como deficitarias cuando se las compara con este patrón en una proporción mayor que la detectada por los métodos biológicos. Además no siempre es posible identificar correctamente al aminoácido limitante (Villaruel, T. et al., 1989).

En la actualidad el método sugerido para evaluar la calidad proteica es la calificación del cómputo químico o score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (proteína digestibility corrected amino acid score) o PDCAAS. Este método fue propuesto en 1991 por la FAO y ha reemplazado al PER como la norma para calcular el porcentaje del valor diario de proteína en el rotulado de los alimentos para adultos y niños mayores de un año de edad. Para cumplir con los requerimientos proteicos más rigurosos, el PDCAAS compara el perfil de aminoácidos de una proteína en estudio con las necesidades del niño mayor a un año que representan los requerimientos más exigentes de los diferentes grupos etarios a excepción de los lactantes que se comparan con la leche humana. El PDCAAS más alto que puede recibir una proteína es 1.0. (Millward, D. et al., 1992).

2.2.5. Pan de molde

Es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda. 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).

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.

2.2.6. Características tecnológicas de la harina de cascara de mango

a. Capacidad de Absorción de Agua (CAA): Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser absorbida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón.

b. Capacidad de Absorción de Aceite (CAAc): Expresa la máxima cantidad de aceite que puede ser absorbida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón.

c. Capacidad de Retención de Agua (CRA): Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón.

d. Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO). Es la habilidad que poseen fracciones de fibra dietaria (especialmente la lignina) para ligar ácidos biliares, sustancias carcinogénicas y mutagénicas; también involucra la capacidad de incrementar la excreción de las sustancias mencionadas.

e. Análisis de Perfil de textura para el pan de molde

La dureza, cohesividad, consistencia, fragilidad, pegajosidad, adhesividad, masticabilidad, etc. son algunas de las características que definen la textura de un alimento. Si hay un cambio en la textura de un producto que solemos tomar lo notamos inmediatamente y, por ello, las industrias de alimentación tienden cada día más a controlar su consistencia en la fabricación.

El análisis de la textura se hace imprescindible, no sólo para controlar y mantener esas características dentro de los límites especificados, sino también para desarrollar nuevos productos con diferentes especificaciones. Fue desarrollado por un grupo de investigadores de la General Foods Corporation en los años 60, mediante el uso de un texturómetro de la misma firma para obtener varios parámetros de textura. Este ha demostrado la elevada correlación que existe entre las mediciones por esta técnica y la evaluación sensorial (Friedman et al., 1963; Szczesniak, 1963).

f. Dureza (N): Es la fuerza máxima que tiene lugar, en cualquier tiempo, durante el primer ciclo de compresión (Bourne, 1978). Definida también como la fuerza necesaria para comprimir una rodaja de pan hasta un 50% del espesor original (Método 74-09, AACC Internacional 2000).

g. Elasticidad (mm): es una medida de cuánto recupera su altura o forma original el alimento luego de ser sometido a una deformación. Estrictamente se define como la altura que el alimento recupera durante el lapso transcurrido entre el final de la primera mordida y el comienzo de la segunda (Bourne, 1978). Se calcula como el cociente entre la distancia 2 (L2) y la distancia 1 (L1). Por lo tanto, la elasticidad = $L2/L1$.

h. Masticabilidad (mJ): sensorialmente se define como la fuerza requerida para desintegrar un alimento sólido hasta que esté listo para ser deglutido (Civille y Szczesniak, 1973). Se determina como el producto de firmeza x cohesividad (definida como el cociente entre $A2/A1$) x elasticidad.

i. Firmeza (N):

La firmeza se puede medir, como la fuerza máxima de rotura, empleando una prueba de penetración con un disco determinado y acoplado al equipo, a una velocidad de penetración específica y a una temperatura definida antes de las mediciones.

2.2.7. Importancia del ácido ascórbico en panificación

El ácido ascórbico ha sido extensamente utilizado en la industria alimentaria como antioxidante en una gran variedad de productos. 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)

2.2.8. Caracterización Reológica de las Harinas.

Las propiedades reológicas de la masa de pan son importantes por dos razones: primero, porque determinan el comportamiento de la masa durante la manipulación mecánica, y segundo, porque afectan a los procesos que determinan el crecimiento de las cavidades celulares y la estabilidad de la masa durante la el proceso de redacción (Stojceska et al., 2007). Esto está determinado por la participación de almidón, proteína y agua, en la que la parte de la proteína de la harina tiene la capacidad de formar la red continua gluten viscoelástico, siempre que haya suficiente agua para la hidratación y la energía mecánica para efectuar la mezcla (Carpenter y Anderssen, 2000). Las características más importantes que se buscan en 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.

Las pruebas más utilizadas para la caracterización reológica o evaluación de la calidad tecnológica de masas, se dan a través de los siguientes equipos: farinógrafo, extensografía y amilógrafo.

a. Amilógrafo.

El amilógrafo es un equipo que permite registrar continuamente en forma gráfica las variaciones de la viscosidad de las suspensiones de harinas en agua a medida que se aumenta uniformemente la temperatura.

El aumento de la viscosidad se debe a la gelatinización del almidón, aunque también repercuten en la viscosidad las enzimas amilásicas de la harina.

La viscosidad de un gel de almidón es afectada por la acción de la alfa amilasa, la cual desintegra un gel de almidón durante el calentamiento de la suspensión. El valor del comportamiento provee una información del probable efecto de la alfa amilasa de la malta durante el proceso de panificación. Por otro lado, el viscoamilógrafo ofrece una información del daño que sufre el almidón por un proceso drástico de la molienda del grano.

El amilógrafo Brabender mide continuamente la resistencia a la agitación de una suspensión de harina en agua mientras se va elevando la temperatura a la velocidad constante de 1.5°C/min. Desde 90 a 95°C y luego se mantiene constante a 95°C registrándose mientras tanto el amilograma con el grado de gelatinización.

La amilografía es una técnica de gran utilidad, sirve para probar harinas para las distintas formas de preparación como sopas, purés, emulsiones, etc. Para cuyo destino una característica importante es la viscosidad del producto después de la gelificación y para ajustar la adición de malta a las harinas de panificación.

Un amilograma nos indica etapas bien marcadas: la de calentamiento a temperatura constante y de enfriamiento, lo que nos permite una evaluación de la viscosidad, gelatinización y el fenómeno de retrogradación de las harinas.

Del viscoamilógrafo se obtiene la altura de la curva, la cual indica el grado de gelatinización. Una curva baja indica mala gelatinización la cual quiere decir que el almidón no se une con el agua y esto permanece libre. La corteza del pan resultaría húmeda y gomosa. Una curva elevada demuestra

un alto grado de gelatinización y buena capacidad para mantener el agua, de modo que no quede libre. El resultado será pan con corteza seca al paladar. (Watanabe et al., 1998)

El instrumento permite:

- Evaluación de la calidad de la harina y de su idoneidad para varias aplicaciones
- Control de producción y control de la mezcla de harinas en el molino.
- Medición de las propiedades de horneado de la harina (contenido de α amilasa, máximo de gelatinización, temperatura en el máximo de gelatinización)
- Evaluación de harinas especiales



AMILOGRAFO
MARCA: BRABENDER
MOD: 800250
PROC: ALEMANIA
Permite determinar el punto de gelatinización de muestras o mezclas de harinas.

Figura 2. Equipo Amilógrafo

- Medir la influencia de la adición de enzimas (Brabender, 2008)

b. Farinógrafo.

El farinógrafo determina las propiedades de la mezcla de una masa de harina. Se utiliza para la determinación de la absorción de agua por la harina, basada en la consistencia de la masa específica (Quaglia, 1991).



Figura 3. Equipo Farinógrafo

Este análisis se utiliza ampliamente como una manera de supervisar el desarrollo de la proteína de gluten durante el mezclado de la masa (Goesaert et al., 2005). El análisis se realiza utilizando farinógrafo, un dispositivo que permite predecir la aplicación tecnológica reológico de harina de trigo (Montenegro, 2008), que simula el proceso de mezcla, medición y registro de la resistencia de las masas que se opone a la acción mecánica constante durante las etapas de desarrollo (Quaglia, 1991). En farinógrafo, la resistencia a la mezcla de la masa (harina y agua) ofrece cuchillas horizontales de mandar el equipo a un dinamómetro conectado a un sistema de palanca y la escala, interconectados a una pena que traza la curva farinográfica (Montenegro, 2008), y en un modelo de ordenador, la curva es automáticamente trazas.

Para la interpretación de la curva farinográfica tiene absorción de agua (ABS), el tiempo de llegada (CT), el tiempo de desarrollo de masa (TD), el tiempo (FT), la estabilidad de la masa (EST), el índice de tolerancia al mezclado (ITM).

El porcentaje de absorción de agua (ABS) es la cantidad de agua necesaria para el centro de la curva farinográfica está en línea 500 Unidades farinographic (PSU). La cantidad de porcentaje de agua añadida es una función de la harina de tamaño de partícula, el contenido de gluten de almidón (intacto y dañado) y el contenido de dextrina o de celulosa (Naega,

2008). Esto refleja la gran cantidad de agua (en el sentido del ideal), necesario para el desarrollo de productos.

El tiempo de llegada (CT) es el tiempo en minutos grabadas cuando la banda llega a la parte superior de la línea de UF 500, desde el principio de la adición de agua, o la hora de llegada mide la velocidad de absorción de agua .

El tiempo de desarrollo de la masa (TD), o el tiempo de pico, en minutos, lo que indica el momento en que la masa alcance la consistencia máxima, y completamente desarrollado con la capacidad de retener el gas.

El tiempo de salida (TS), en minutos, indica el momento en que la parte superior de la banda abandona la línea de UF 500, es decir, indica el momento inicial de punto de ruptura de la masa (Naega, 2008).

El tiempo de estabilidad de la masa (EST), en minutos, es la diferencia entre la hora de llegada y las señales de salida de tiempo y el momento en que la masa mantiene la consistencia máxima, indicando así la fuerza de la masa (Naega, 2008).

El índice de tolerancia de mezcla (ITM) es la diferencia de consistencia de la masa (UF) entre la parte superior de la banda en el pico y la parte superior de la banda de 5 minutos después de un pico ha sido alcanzado (Montenegro,2008).

Las principales propiedades físicas y mecánicas de la masa de harina que interesan en la prueba de panificación, son registradas gráficamente en el farinograma.

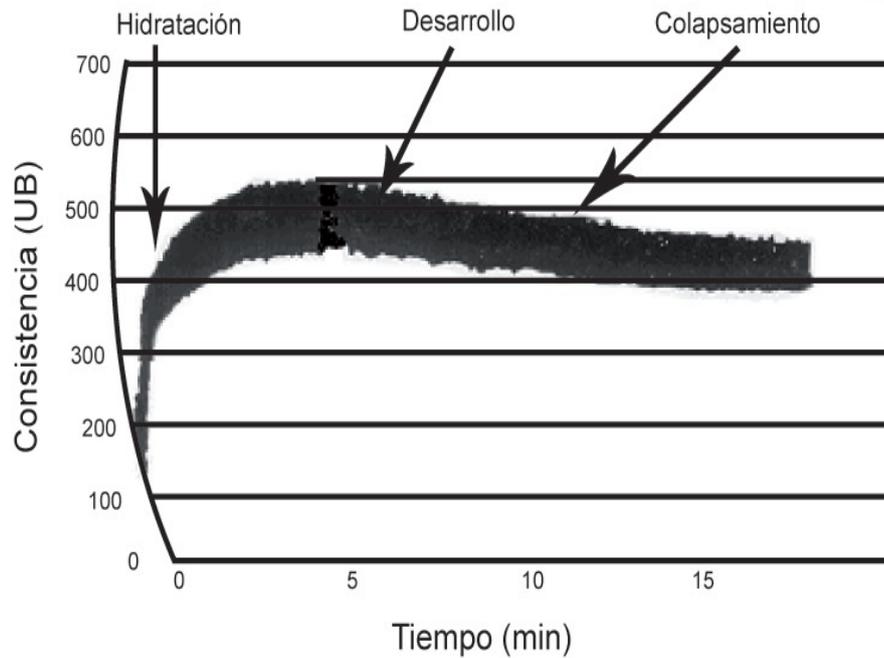


Figura 4: Resultados de Farinograma. (Gustavo, 2009)

- ✚ **Capacidad de absorción de agua o Hidratación.** Al elaborar la masa, esta requiere la adición de una cierta cantidad variable de agua según las diversas harinas, con el fin de obtener la consistencia óptima requerida para la elaboración del pan. En el farinógrafo se consigue, al ir agregando el agua, hasta que la aguja marque la cifra 500, que corresponde a la consistencia normal.

Como se ha anotado, esta capacidad de absorción de agua, es un carácter distintivo de las harinas; por lo tanto, refleja en cierto modo la naturaleza de la estructura íntima de la harina, que determina sus cualidades plásticas. (Cepeda, 1991).

- ✚ **Velocidad de desarrollo.** Para que la masa llegue a adquirir sus condiciones óptimas en cuanto a estructura física y cualidades plásticas, es necesario que transcurra un cierto tiempo desde que comienza la fermentación. Este factor tan importante está determinado en el farinograma por el tiempo que demora la curva para llegar a su punto más alto contando desde el comienzo de la operación. Este factor se expresa en minutos y puede variar con el tipo de harina.

Este carácter determina hasta cierto punto el método de panificación que debe adoptarse y permite clasificar a las harinas en dos tipos: de desarrollo rápido y de desarrollo lento. Las primeras exigen en la panificación un método de conducción corto y las últimas un método de conducción largo. (Cepeda, 1991).

- ✚ **Estabilidad de la masa.** También recibe el nombre de tolerancia de fermentación. Esta queda expresada en el farinograma por el tiempo durante el cual la curva, después de haber llegado a su altura máxima, se mantiene visiblemente horizontal. Se expresa en minutos y su valor es variable. Una vez que la masa fermentada, ha adquirido sus cualidades plásticas óptimas, la conserva durante un tiempo más o menos largo, al cabo del cual pierde su tenacidad y extensibilidad, se torna incapaz de resistir la presión de gas carbónico producido en su interior, decae su volumen y proporciona un pan pequeño y de inferior calidad. (Cepeda, 1991)

- ✚ **Elasticidad.** Según el farinograma, el ancho de la curva determina la condición de elasticidad o extensibilidad de la masa. Mientras más ancha sea aquella, mayor será la extensibilidad y por consiguiente, concurriendo los otros factores, será susceptible de proporcionar un pan de mayor volumen. Con el fin de adoptar un método estándar de medida, se aconseja medir el ancho del trazo un minuto después de haber alcanzado su punto máximo. Este factor se expresa en milímetros. (Cepeda, 1991)

- ✚ **Decaimiento de la masa o colapsamiento.** Este factor llamado también relajamiento o cansancio, está determinado por el descenso experimentado por la curva, o sea, por la disminución de consistencia de la masa a causa del trabajo de amasado. Se acostumbra a medirla por la distancia vertical entre el punto medio de la parte más alta de la curva y el punto medio después de diez minutos de iniciada la operación. Se expresa en unidades o grados de consistencia. (Cepeda, 1991).

c. Extensógrafo.

En extensografía se 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. (Brabender, 2011).

Extensografía análisis se realiza usando el equipo 45ehavior45ión. Después de mezclar la masa y el resto, esta se estira en tres momentos diferentes: 45, 90 y 135 minutos. La fuerza aplicada para contrarrestar la resistencia de la masa se transmite a través de un sistema de palanca a un sistema de escalas, conectado a una pluma en una carta extensográfica, que se mueve a una velocidad constante (Montenegro, 2008).

Para la interpretación de la letra extensográfica se analizan los siguientes parámetros: energía (A), resistencia a la extensión ©, la resistencia máxima (Rm), extensibilidad ©, el número proporcional (D) (Montenegro, 2008).

La energía es el área (A) encerrada por la curva de medición con extensográfica planímetro y expresada en cm². Cuanto mayor sea el área, mayor es la energía necesaria para estirar la masa, y por lo tanto más fuerte es la harina (Montenegro, 2008).

La resistencia a la curva de extensión es la altura de 5 cm de la fuente, designada como R y se expresó en UE. La resistencia máxima corresponde a la altura máxima de la curva, designado por Rm y se expresó en UE (Montenegro, 2008).

La extensibilidad ©, cm designados, indica la longitud de extensograma. Se refiere al número de veces que la masa se ha ampliado en relación a su longitud original hasta la rotura (Montenegro, 2008).

El número proporcional (D), o la relación entre la resistencia a la extensión y la extensibilidad, define la relación entre éstos, es decir, indica el equilibrio entre la fuerza del peso (resistencia a la extensión) y su extensibilidad antes de romper (Naega, 2008).



EXTENSOGRAFO

MARCA: BRAVENDER

MOD: 860723

PROC: ALEMANIA

Permite determinar la elasticidad y extensibilidad de las masas panadera, galletera y fideera.

Figura 5. Equipo Extensógrafo Brabender

CAPÍTULO III

METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. METODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACION

3.1.1. Tipo de investigación

a. De acuerdo al fin que se persigue

Aplicada: Porque los conocimientos que se generaron mediante la investigación ayudaran a solucionar problemas prácticos en la utilización adecuada de la harina de cascara de mango como sustituto en la panificación.

b. De acuerdo a la técnica de contrastación

Investigación experimental

Los datos fueron obtenidos por observación de fenómenos que son condicionados por el investigador, mediante la manipulación de variables, siendo la variable independiente (concentración de la harina de cascara de mango y de ácido ascórbico) las que fueron modificadas en el trabajo de investigación.

3.1.2. Diseño de investigación

La investigación realizada fue experimental con la manipulación de las dos variables en estudio: dependiente e independiente.

a. Variables:

Variable Dependiente:

- %Humedad,
- %Proteínas,
- %Cenizas,
- %Grasa,
- Volumen específico
- Textura instrumental (Análisis del perfil de textura)
- Color instrumental (L , a y b)
- %Fibra dietética total (FDT),
- %Fibra dietética insoluble (FDI),

- % Fibra dietética soluble (FDS)
- Análisis sensorial (color, sabor, olor, textura, intención de compra)

Variable Independiente:

- % de harina de cascara de mango (HCM)
- ppm de Ácido ascórbico (AA)

b. Tratamiento estadístico de los datos utilizando Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR)

Se desarrollaron ecuaciones de regresión polinomial para describir los efectos de dos parámetros de procesamiento independientes, tales como el porcentaje de harina de cascara de mango (X1, %) y el ácido ascórbico (X2, mg / kg) utilizando la metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con un diseño de rotación compuesto central 2². Variables independientes de porcentaje de cascara de mango (5, 6,5, 10, 13,5 y 15%) y ácido ascórbico (20, 32, 60, 88 y 100 ppm) fueron variados para investigar los efectos sobre las variables dependientes mencionadas anteriormente. En la Tabla 2 se presenta la lista de variables independientes con sus símbolos y niveles de factores codificados.

El siguiente modelo de regresión polinomial de segundo orden empleado en este estudio se presenta en la Ecuación (1). Mediante esta ecuación se determinaron los efectos lineales (X1, X2), cuadráticos (X1², X2²) e interactivos (X1X2) de las variables independientes harina de cascara de mango (X1) y ácido ascórbico (X2) sobre la variable dependiente (Y)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Donde Y es la variable de respuesta predicha, β_0 la constante (intersección) β_i es el coeficiente lineal y β_{ii} los coeficientes cuadráticos y β_{ij} es el coeficiente de producto cruzado. X_i y X_j son variables independientes. La regresión de la superficie de respuesta se utilizó para analizar los datos experimentales utilizando el software Statistica Versión 12.0 (Statsoft,

EE.UU.). Se desarrollaron tramas de contorno bidimensional. Todos los ensayos de procesamiento se realizaron por triplicado.

El desempeño predictivo de los modelos desarrollados que describen el efecto combinado de la harina de cascara de mango y el ácido ascórbico sobre las variables independientes (%Proteínas, %Cenizas, %Grasa, % Humedad, Volumen específico, Textura instrumental, Color instrumental, FDT, FDI, FDS y Análisis sensorial) de los panes de molde fueron validados con condiciones óptimas de extracción según lo predicho por el diseño. El criterio utilizado para caracterizar la eficiencia de adaptación de los datos al modelo fue los coeficientes de correlación múltiple (R²).

El diseño CCR fue propuesto por Box & Wilson (1951; citado en Mora 2000) como una alternativa al factorial 3k; básicamente consiste de un núcleo factorial 2, cuyos niveles de los factores se codifican con +1 y -1, así como niveles que pueden variar de acuerdo al número de factores a evaluar y garantiza además, una propiedad estadística de rotabilidad. Para este trabajo de investigación se van a considerar dos variables, % fibra dietética antioxidante y mg/kg de ácido ascórbico (factores X1 y X2), la primera dentro de un ámbito de exploración desde 5% hasta 15% y la segunda desde 20 hasta 100 mg/kg. Para la obtención de los niveles de concentración de cada una se utilizan la siguiente fórmula:

$$X_r = \frac{(X_c - V_{i_c})}{I_c} * I_r + V_{i_r} \quad (1)$$

Donde X_r es el valor real de concentración deseado, X_c es el valor codificado, V_{i_c} es el valor mínimo codificado, V_{i_r} es el valor de la concentración mínima, I_r es el intervalo o rango para niveles de concentraciones (concentración máxima menos la mínima) e I_c es el intervalo o rango para los niveles codificados.

Para el ámbito señalado en el % fibra dietética antioxidante queremos conocer cuál será el valor real X_r si su valor codificado (X_c) es 1; en ese caso se tiene la siguiente información:

$V_{ic} = 5\%$, $I_r = 1$, $I_c = 1,41$, $X_c = 15\%$ y $V_{ir} = 10\%$; sustituimos en la fórmula dada y se tiene $X_r = 13.5\%$

Para el ámbito señalado en el % fibra dietética antioxidante queremos conocer cuál será el valor real X_r si su valor codificado (X_c) es -1; en ese caso se tiene la siguiente información:

$V_{ic} = 5\%$, $I_r = 1$, $I_c = ([1,414 - (1,414)] = 2,828)$, $X_c = 10\%$ y $V_{ir} = 0\%$; sustituimos en la fórmula dada y se tiene $X_r = 6.5\%$

Para el caso de la variable mg/kg de ácido ascórbico, se procede de la misma manera.

El número total de tratamientos/combinaciones y los niveles de concentración de cada variable está en función a la siguiente fórmula: $2^n + 2n + 3$ PC = $4 + 4 + 3 = 11$ y son presentados en la Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente.

Tabla 2. Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.

Variables independientes		Niveles*				
		- α	-1	0	+1	+ α
símbolos						
x_1	% harina cáscara mango	5	6.5	10	13.5	15
x_2	mg/kg ácido ascórbico	20	32	60	88	100

*Elaborado sobre el Paquete STATISTICA, STATSOFT – USA, versión 12.0.

Once ensayos fueron realizados, cuatro ensayos factoriales, cuatro ensayos en condiciones axiales y tres repeticiones del punto central. La Tabla 3 representa el planeamiento experimental utilizado.

Tabla 3. Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2²

TRATAMIENTOS	Valores Codificados**		Valores reales	
	V ₁	V ₂	% harina cáscara mango	mg/kg ácido ascórbico
1	-1	-1	6.5	32
2	+1	-1	13.5	32
3	-1	+1	6.5	88
4	+1	+1	13.5	88
5	- α	0	5	60
6	+ α	0	15	60
7	0	- α	10	20
8	0	+ α	10	100
9	0	0	10	60
10	0	0	10	60
11	0	0	10	60

Fuente: Elaborado sobre el Paquete STATISTICA, STATSOFT – USA, versión 12.0.

Los análisis de caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de mango obtenida se realizarán por triplicado. Los resultados obtenidos serán sometidos al paquete STATISTICA, STATSOFT-USA, versión 12.0 para determinar si existe diferencia significativa, con un grado de significancia de Duncan de $p < 0.05$.

La Evaluación sensorial del pan de molde con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de cascara de mango con alto contenido de fibra dietética antioxidante, más el testigo se realizará a través de un panel no entrenado, conformado por 30 panelistas jóvenes que evaluarán el grado de satisfacción global del pan de molde según lo recomendado por (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los resultados a obtenerse luego de la aplicación de la prueba de medición del grado de satisfacción global, con una escala hedónica de siete categorías serán sometidos al Software Statistica 12.0 para determinar si existe diferencia significativa, con un grado de significancia de $p < 0.05$.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA PRUEBA DE LA HIPÓTESIS

3.2.1. Obtención de la fibra dietética de mango

La cáscara de mango primeramente fue lavada con agua y desinfectado en una solución de 50 ppm de NaOCl, posteriormente se cortó en trozos con una cortadora manual. Se procedió a retirar la pulpa mediante el método del “cuchareo”, tratando de que la cascara quede exenta de pulpa. Posteriormente las cascara se escaldaron a una temperatura de 90°C por un lapso de 10 minutos; se hizo uso de coladores de acero inoxidable para retirar las cascara y colocarlas sobre la mesa. Finalmente, se procedió a cortarlas en cuadrados de 2 x 2 cm para colocarlas en un secador de bandejas del IITA a una temperatura de 65°C, velocidad extracción aire caliente de 20.2, durante 06 h; una vez que estuvo seco, se molió en un molino convencional y se tamizó todo por una batería de mallas, dispuestas (de arriba hacia abajo) con el N° 16, N° 20, N° 30, N° 40 y N° 60 (380 um) para obtener un tamaño de partícula homogéneo.

3.2.2. Elaboración de pan de molde con harina de cascara de mango y germen de trigo usado como control.

El pan de molde se elaboró de acuerdo a la formulación propuesta por Planta Piloto UNS (2011). Los ingredientes referidos en la Tabla 4, se mezclaron para elaborar la masa. Con la cuarta parte de la harina y la levadura, junto con un poco de agua, se elabora una masa y se deja fermentar el doble de su volumen. Con el resto de la harina se forma un volcán, donde se añadirán los demás ingredientes. Tras mezclar todo, se agrega la masa de la levadura, se amasa de nuevo y se deja fermentar a 35°C durante media hora. Pasado este tiempo, se vuelve a amasar y se corta en porciones que se introducen hasta la mitad de los moldes, con cuidado de cubrir las esquinas. Sin cerrar, se le aplica calor y, cuando han crecido dos terceras partes, se cierra el molde y se introduce en el horno a 200°C durante 45 minutos.

Tabla 4. Formulación utilizada para la producción de pan de molde.

Formulación	
Ingrediente	% (Base harina)
Harina de trigo	100
Mejorador enzimático	1
Antimoho	0.3
Sal	2
Azúcar	8
Agua	50
Levadura seca	2
Manteca	10
Emulsionante	1

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

**El porcentaje de Harina de trigo se obtuvo por diferencia (100% - el total de los componentes de sustitución. Ver tabla 10)*

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde, con los parámetros a controlar durante el proceso y que está siendo utilizado por la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. A partir de este diagrama se hicieron los diferentes tratamientos para obtener y evaluar el pan de molde con harina de cascara de mango (con alto contenido de fibra dietética antioxidante).

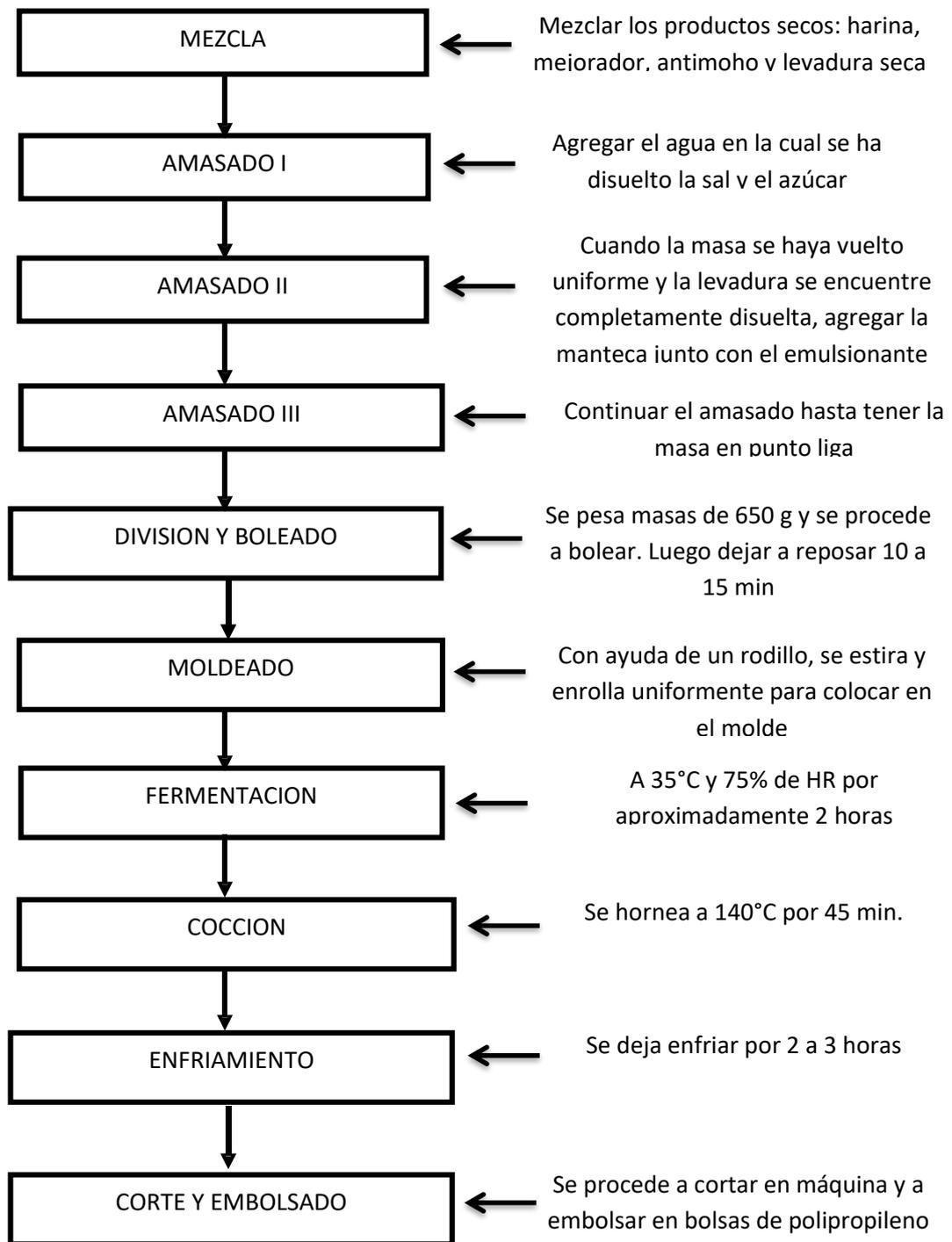


Figura 6. Diagrama de flujo a utilizarse en el proceso

3.2.3. Determinaciones realizadas en la harina de cascara de mango.

A. Análisis Proximal para la harina de cascara de mango

Humedad.

La determinación de humedad en la harina de cascara de mango se determinó por triplicado por el método N° 44-10 de la AACC (1995).

Colorimetría.

Para la determinación del color de la harina de cascara de mango se utilizó el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE- lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según minolta (1993).

Cenizas

Método directo de la AOAC, 923.03, 1990

Actividad de agua

La actividad de agua se determinó por cuadruplicado, con el analizador de la actividad de agua (marca Aqualab Modelo Serie 3 TE).

Lípidos

Método directo por extracción con solvente orgánico (grasa bruta), AOAC, 960.39, 1990.

Proteínas

Método de Kjeldahl_Arnold-Gunning, AOAC, 928.08, 1990

Granulometría

El tamaño de partícula de la harina de cascara de mango se determinó en el modelo de equipo 295 Granutest según el método AOAC 965.22 (1995). Los tamices se pesaran previamente. Enseguida se pasa 100 g de harina durante 30 minutos en el conjunto de cinco tamices redondos con aberturas de mallas 16, 20, 30, 40 y 60 de malla Tyler y las cantidades retenidas en cada tamiz se pesarán y se expresará como un porcentaje.

Hidratos de carbono

Calculados mediante diferencia por la siguiente fórmula:

$$\%HC = 100 - (\text{Humedad \%} + \text{Minerales \%} + \text{Proteína \%} + \text{Grasa \%})$$

Energía (Kcal /100g)

Calculada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Energía (Kcal./100g)} = (\% \text{ Proteína} * 4) + (\% \text{ Grasa} * 9) + (\% \text{ HC} * 4)$$

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

La fibra dietética total se determinó por el método de la AOAC 985.29.

La fibra dietética soluble e insoluble por el método de la AOAC 991.43

B. Propiedades funcionales (harina de cascara de mango)

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Se adicionó 10 mL de agua destilada a 1 g de muestra (Pi) y se agitó 30 minutos con vibración magnética, se dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente y posteriormente se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos e inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (Chau, 1997 citado por García, 2003).

La CRA (%) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CRA} = (Pf - Pi) / Pi$$

Capacidad de Absorción de Aceite (CAAc)

Se colocó 1 g de muestra inicial (Pi), se adicionaron 10 mL de aceite de girasol y se agitó durante 30 min; posteriormente, se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Rotofix Hettich®, Alemania), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (Pf) (Chau, 1997 citado por García, 2003).

La CAAc se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CAAc} = (Pf - Pi) / Pi$$

Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas (CAMO)

Se pesó 1 g de muestra (P_i), se adicionaron 10 mL de aceite de girasol comercial y se agitó durante 30 min; luego, se dejó en reposo durante 24 h a temperatura ambiente y se centrifugó a 3.000 rpm durante 10 min, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P_f) (g). La CAMO (mL/g) se calculó mediante la siguiente relación:

$$CAMO = (P_f - P_i) / P_i$$

Capacidad de absorción de agua (CAA)

Se colocó 1 g de muestra inicial (P_i) (g), se adicionaron 10 mL de agua, se ajustó el pH a 7,00 con NaOH o HCl 0,1 M, controlando con un pH-metro (Modelo 507, Crison®, España), y se agitó durante 30 min; posteriormente, se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Rotofix Hettich®, Alemania), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P_f), (Chau, 1997 citado por García, 2003).

La CAA se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%CAA = (P_f - P_i) / P_i$$

C. Análisis para la harina de trigo y para la masa obtenida de la mezcla de harina de trigo y de cascara de mango con contenido fibra dietética

Caracterización de la harina de trigo.

La harina de trigo utilizada se caracterizó por las siguientes propiedades:

a. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina se realizaron por los métodos N° 44-15A de la AACC (1995), N° 920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia (100%- de los

otros componentes). Las pruebas fueron analizadas por triplicado, excepto la determinación de proteína, grasa y carbohidratos.

b. Farinografía

La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla de harina de trigo se determinaron por el farinógrafo Brabender, según el método de la AACC 54-21 (1995). Los parámetros obtenidos a partir del farinograma fueron: absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, hora de salida, la estabilidad e índice de tolerancia de la mezcla.

c. Extensografía

Las propiedades Extensográficas de la harina de trigo se determinó por el método de la AACC No. 54-10 (1995), utilizando el extensógrafo de Brabender. Los parámetros a evaluar fueron: resistencia a la extensión o elasticidad, resistencia máxima a la rotura, la extensibilidad y el número proporcional.

d. Colorimetría.

Para la determinación del color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L^* luminosidad (Negro 0/Blanco 10) a^* (verde-/rojo+) y b^* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*), fue calculado según minolta (1993).

e. Granulometria

El tamaño de partícula de la harina de trigo se determinó en el modelo de equipo 295 Granutest según el método AOAC 965.22 (1995).

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

La fibra dietética total se determinó por el método de la AOAC 985.29.

La fibra dietética soluble e insoluble por el método de la AOAC 991.43

D. Score químico para la mezcla de harina de trigo y de cascara de mango con alto contenido de fibra dietética.

Se realizó el cálculo del puntaje químico o escore de las proteínas de las harinas de trigo y de cascara de mango sobre la base del cálculo del aminoácido limitante, se determinó el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales en la proteína en estudio, con respecto a la proteína de referencia:

SCORE: mg de aminoácidos en proteína en estudio / mg de aminoácidos en proteína patrón

El escore de cada alimento se calculó teniendo en cuenta datos bibliográficos de composición química de aminoácidos esenciales de las tablas de FAO. Se utilizó como proteína de referencia el patrón de aminoácidos para niños mayores de 1 año y adultos de la Academia Nacional de Ciencia de EEUU.

Tabla 5. Patrón de aminoácidos propuesto para niños > a 1 año y adultos.

AA	(mg/g proteína)
Histidina	18
Leucina	55
Lisina	51
Metionina + Cisteína	25
Fenilalanina + Tirosina	47
Treonina	27
Triptofano	7
Valina	32

Fuente: Institute of Medicine. National Academy of Sciences. 2002

E. Análisis Proximal para el pan de molde con harina de cascara de mango con alto contenido de fibra dietética.

Volumen específico.

El volumen del producto se encontró por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El volumen específico fue calculado dividiendo el volumen del pan (ml) sobre

su masa (g) (El Dash, Camargo &Díaz, 1982).

Color de la corteza y de la miga.

Para la determinación del color de la corteza y la miga de los panes se utilizó el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según minolta (1993).

El color de la miga fue realizada en el centro de la rebanada de pan, por triplicado y el color de la corteza en la parte superior del pan, en el punto medio.

La cromacidad fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromacidad (C*)} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h fue determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

Análisis sensorial.

Se realizó el análisis sensorial de las tres mejores formulaciones de pan de molde incluyendo el pan patrón.

Los panes fueron evaluados por 30 panelistas no entrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Las características evaluadas fueron: apariencia de la corteza, apariencia de la miga, color de la corteza, color de la miga, aroma, textura, sabor e intención de compra.

Las muestras fueron codificadas con números de tres cifras. Por otro lado las fichas de evaluación sensorial fueron realizados teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos (1=me disgusta muchísimo a 9=me gusta muchísimo). Los panelistas también fueron cuestionados en cuanto a la intención de compra, en caso de que el producto estuviera en venta, en una escala de 5 puntos.

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

La fibra dietética total se determinó por el método de la AOAC 985.29.

La fibra dietética soluble e insoluble por el método de la AOAC 991.43

Análisis estadístico.

El programa estadística Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) fue utilizado para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, análisis de varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5% ($p < 0.05$).

3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS EMPLEADOS

3.3.1. Técnica

Para el trabajo de investigación se utilizó la observación experimental porque se elaboró datos en condiciones relativamente controladas, manipulando las variables independientes (% de harina de cascara de mango y ppm de ácido ascórbico) para obtener las variables dependientes (%H, %Proteínas, %Cenizas, %Grasa, Volumen específico, Textura instrumental, Color instrumental L, a y b, Carbohidratos solubles, Energía, %Fibra dietética total, FDT; %Fibra dietética insoluble, FDI; % Fibra dietética soluble, FDS y análisis sensorial).

Se emplearon las siguientes técnicas para obtener los valores de las variables dependientes:

a. Cenizas

FAO. Food and nutrition paper. Pp.: 228 T 14/7 1986 Total Ash.

b. Humedad

FAO. Food and Nutrition. Paper pp. 205 T 14/7 – 1986. Moisture.

c. Acidez total

Método 10.026 del AOAC (2005), se determinara por neutralización con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador utilizando como apoyo el potenciómetro considerando el viraje a un pH de 8.3.

d. Sólidos solubles o °Brix

Para la determinación de sólidos solubles se utilizará el método refractométrico, NMX-F-103-1982. Alimentos, frutas y derivados. Determinación de Grados Brix. Normas Mexicanas. Dirección general de normas.

e. pH

AOAC Official Method 981.12. 2005. pH of Acidified Foods

f. Proteína

AOAC Official Method 920.87:2005. - Protein (Total) in Flour.

g. Grasa

FAO. Food and Nutrition paper. Pp 212 T 14/7 1986. Crude fat.

h. Color

Los parámetros de color L^* , a^* b^* se obtendrán a través de un colorímetro tristimulus Minolta CR 400, operando en el sistema CIELAB, en que L^* corresponde a la luminosidad, a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad ($-a$ = verde y $+a$ =rojo; $-b$ = azul y $+b$ = amarillo).

i. Amilografía

Las características de viscosidad de la pasta de harina se realizaron en el Amilografo de BRABENDER. Se midieron 5 puntos importantes

Viscosidad máxima

Viscosidad cuando alcanza la temperatura de 95°C

Viscosidad después de cocción a 95°C por 30 minutos

Viscosidad después del enfriamiento hasta 50°C

Viscosidad después de 30 minutos a 50°C

j. Farinografía

La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla de harinas de trigo se determinaron por Brabender farinografo, el segundo método en la AACC 54-21 (1995). Los parámetros evaluados a partir de farinograma: son absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, retardo de salida, la estabilidad y el índice de tolerancia al mezclado.

k. Extensografía

Las propiedades de la harina de trigo se determinaron de acuerdo al método de la AACC 54-10 (1995), utilizando el extensógrafo Brabender. Los parámetros a evaluar fueron: resistencia a la extensión o elasticidad, resistencia a la rotura, la extensibilidad y el número proporcional. Se midió la extensibilidad de la masa.

3.3.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para obtener los datos de las variables dependientes fueron:

- Amilógrafo BRANBENDER, Modelo 800250, procedencia Alemania
- Amasadora o sobadora marca NOVA, modelo K23, capacidad, 40Kg.
- Equipo Kjeldahl, marca VELP SCIENTIFICA
- Equipo Soxhlet, marca FOSS, modelo SOXTEC
- Estufa, marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990.
- Mufla, marca Thermolyne, Serie 34703484
- pH metro digital, Marca Hach, Modelo EC20.
- Vibrador de tamices, Marca SOILTEST, Modelo CL-3050-8, Serie, 3508A.
- Refractómetro ABBE, marca Rudolph Research, modelo J157
- Balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254.
- Cámara de fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400.
- Extensógrafo BRANBENDER, marca Brabender, modelo 860723
- Farinógrafo BRABENDER, marca Brabender, modelo SQ 810161
- Horno rotatorio por convención marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Rebanadora o cortadora de pan marca NOVA, modelo ESTANDAR.
- Secador de bandejas, marca Torrh, modelo SBT-10XL

3.4. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Obtención y evaluación de la harina de cascara de mango

El mango, variedad Kent, fue recepcionada en la Planta Piloto Agroindustrial, fue pesado, lavado, desinfectado, cortado en rodajas, cuchareado, se retiró la pulpa, escaldado de la cascara, cortado de las cascarras, oreado a temperatura ambiente y luego secado en el secador de bandejas del IITA.

Posteriormente, se realizó la molienda en un molino convencional, se tamizó en diversas mallas de un tamizador vibratorio y se envasado en bolsa de polietileno de alta densidad, forrada con papel aluminio.

A continuación, se describen gráficamente la obtención de harina de cascara de mango.



Figura 7. Recepción del mango variedad Kent

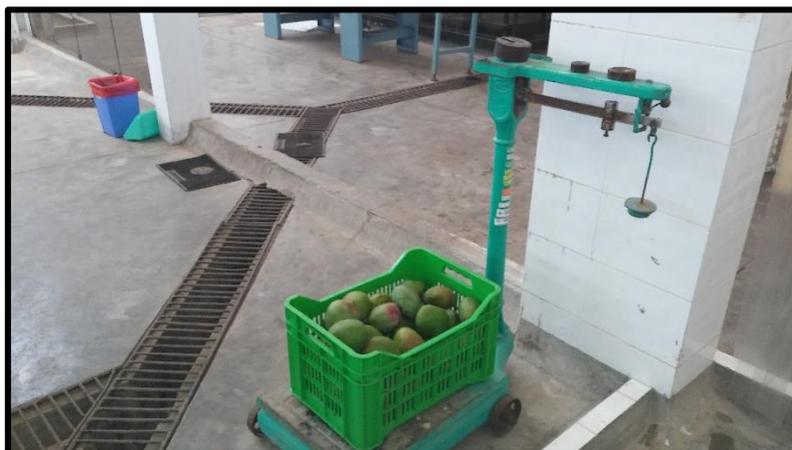


Figura 8. Pesado del mango en balanza mecánica



Figura 9. Rebanado del mango



Figura 10. Cuchareo para extraer la pulpa



Figura 11. Escaldado de las cascaras



Figura 12. Oreado de las cascaras



Figura 13. Picado de las cascaras antes del secado y colocación en las bandejas del secador.



Figura 14. Disposición de las bandejas dentro del secador del IITA



Figura 15. Retiro de las cascavas de mango secos.



Figura 16. Molienda de las cascaras de mango



Figura 17. Almacenamiento de la HCM, antes de tamizar



Figura 18. Harina de cascara de mango tamizada

3.4.2. Obtención de los panes de molde

a. Evaluación de la harina de trigo y de la mezcla panaria

La harina de trigo, además de su análisis fisicoquímico, se evaluó la amilografía, farinografía y extensografía en el equipo Brabender. Asimismo, la masa panaria del tratamiento 3 (6.5% HCM y 93.5 % harina de trigo).

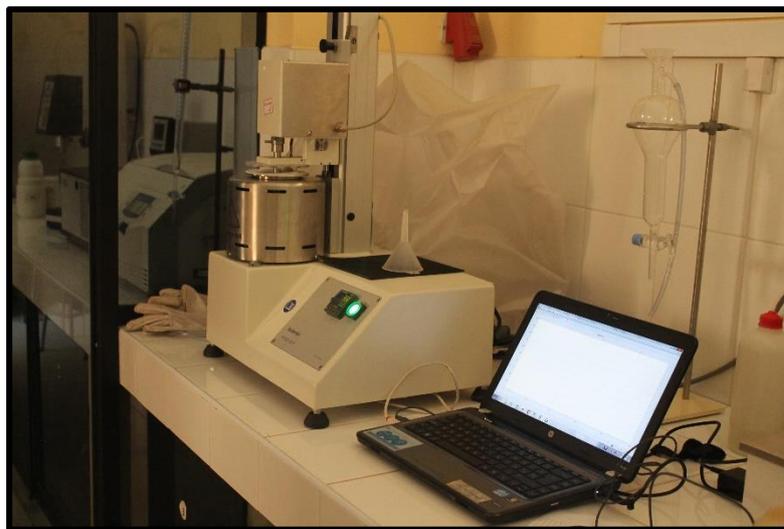


Figura 19. Amilógrafo Brabender para analizar harina de trigo y harina de cascara de mango del Laboratorio de Composición de Productos agroindustriales



Figura 20. Farinógrafo del Laboratorio de Composición de Productos agroindustriales

- b. Elaboración de los panes de molde desarrollando los 11 tratamientos con las diferentes formulaciones descritas en la metodología.



Figura 21. Harina de cáscara de mango lista para ser pesada



Figura 22. Pesado de las 11 formulaciones según el DCCR 2²



Figura 23. Preparación de la mezcla de harinas para formar la masa panaria para cada tratamiento, usando la amasadora de la Planta Piloto Agroindustrial



Figura 24. Formación de la masa panaria para dos tratamientos



Figura 25. Fermentado de la masa panaria en sus moldes respectivos



Figura 26. Panes de molde obtenidos para su evaluación

3.4.3. Evaluación del volumen específico

Los panes de molde obtenidos (02 panes para cada tratamiento), fueron sometidos a la evaluación del peso específico.



Figura 27. Evaluación del peso específico de los panes de molde utilizando la metodología de desplazamiento con semillas de alpiste.



Figura 28. Utilización de probeta graduada para verificar el volumen desplazado

3.4.4. Análisis fisicoquímico de los panes de molde

Los panes de molde obtenidos (02 panes para cada tratamiento), fueron sometidos a un secado en el secador de bandejas del IITA para obtener harina de pan de molde. Estas muestras se utilizaron para obtener la humedad, cenizas, grasa, proteína y FDT.



Figura 29. Secado de las rodajas de pan de molde en el secador de bandejas del IITA



Figura 30. Disposición de las muestras para la evaluación de humedad



Figura 31. Calcinación de las muestras para evaluar cenizas



Figura 32. Muestras dentro de la Mufila, listas para obtención de cenizas

3.4.5. Evaluación de la textura instrumental

La textura instrumental se evaluó con el equipo TexturePro CT V1.4 Build 17, de Brookfield Engineering Labs, Inc. El tipo de test fue el Análisis del Perfil de Textura (APT); la sonda que se utilizó fue la TA4/1000; el objetivo de la penetración fue de 10.0mm y la velocidad del test de 0.5 mm/s.



Figura 33. Muestras de pan de molde, sometidos al texturómetro Brookfield

3.4.6. Evaluación del color instrumental

El color instrumental involucró utilizar el colorímetro Konica Minolta para medir parámetros de color L, a y b. esto se desarrolló tanto para la miga como para la corteza.



Figura 34. Medición del color de la corteza para pan de molde



Figura 35. Medición del color de la miga para pan de molde

3.4.7. Evaluación de la FDT, FDI y FDS en los panes de molde

Todos los tratamientos, así como el 12 (100% harina de trigo) y la harina de cascara de mango, fueron sometidos a la evaluación de FDT, FDI y FDS, como una forma de conocer si el pan de molde está dentro de la categoría de alimento rico en fibra (> 3%) o muy rico en fibra (>6%).

Para ello se utilizó el equipo FOSS Fibertec 1023 del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.



Figura 36. Preparación de las muestras en los vasos FOSS



Figura 37. Enzimas a utilizarse en el proceso de evaluación de FDT



Figura 38. Buffers y ácidos a utilizarse en el proceso de evaluación de FDT



Figura 40. Uso de la pipeta para agregar la enzima en los vasos que contienen las muestras.



Figura 39. Uso del pH metro para ajustar el pH de las muestras



Figura 41. Muestras ingresando al baño maría para incubar a 95°C y evaluar la acción de la enzima amilasa.



Figura 42. Muestras listas para la filtración



Figura 43. Frascos de incubación conteniendo las muestras con los respectivos crisoles FOSS



Figura 44. Filtrado y lavado de las muestras



Figura 45. Secado de las muestras en la estufa a 105°C



Figura 46. Crisoles FOSS conteniendo los residuos de FDT



Figura 47. Pesando los residuos para cenizas

3.4.8. Análisis estadísticos de los resultados

Mediante el diseño estadístico, el procesamiento y análisis de los datos (programa STATISTICA Statsoft v 12.0) obtenidos se evaluó los efectos o influencias de las variables independientes sobre las variables dependientes (% Proteína, % Grasa, % Cenizas, % Humedad, color instrumental, volumen específico, textura instrumental, fibra dietética total (FDT), Fibra dietética soluble (FDS) e insoluble (FDI), sabor, aroma, textura, apariencia general).

También se calculó los coeficientes de regresión, el análisis de varianza (ANOVA) y se construyó las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5% o 10% según sea el caso.

A través de las superficies de respuestas obtenidas para cada variable dependiente se seleccionó una región óptima donde se obtenga un pan con las mejores propiedades físico-químicas y organolépticas.

CAPÍTULO IV

**DESARROLLO DEL ANALISIS,
INTERPRETACION Y DISCUSION**

4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA EL MANGO Y LA HARINA OBTENIDA

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tanto para los análisis fisicoquímicos del mango y harina de cascara de mango.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico para la pulpa de mango, var. Kent

Análisis fisicoquímico pulpa mango	Valor ¹
pH	4.110 ± 0.113
Acidez	0.890 ± 0.367
°Brix	9.667 ± 1.527
IM(índice madurez)	10.862 ± 0.947

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

Fuente: Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales

De la Tabla 6, el parámetro destacar es el valor del IM para el mango. El valor obtenido de 10.862 nos presenta un mango en la parte final de la fase II denominada climatérica, donde el fruto es verde y su textura es firme.

Gallo (1993), indica que el comportamiento de esta variable, está relacionada con el aumento del pH y la disminución del porcentaje de acidez, por ello es importante evitar una continuidad en el proceso de maduración.

IM más altos provocan que la cascara de mango sean más delgadas y difíciles de procesar para la obtención de la harina.

Tabla 7. Rendimiento de cascara a harina de cascara de mango, var. Kent

Materia Prima (kg)	Cascara de mango (kg)	Kg HCM entera*	Kg HCM molida
200	8%	13.10%	97.50%
	16	2.096	2.0436

*HCM: Harina cascara de mango

Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA)

En la Tabla 7 se puede apreciar que de 200 kg de mango utilizados, se obtuvo 16 kg de cascara de mango, 2.096 kg de harina sin tamizar y 2.0436 kg de harina con la granulometría requerida para el proceso de panificación.

Para el caso de esta investigación el rendimiento de harina en función a la materia prima utilizada fue de 1.02%, en comparación con el 1.1% obtenido por Dos Santos (2013) al utilizar mango variedad Tommy Atkins.

Algunos autores como Gondim et al. (2005) indican que la población no tiene el hábito de consumir otras partes de las frutas además de la pulpa; normalmente se desecha a la basura, desaprovechando grandes cantidades de nutrientes. Esta ignorancia ha atraído la atención de los investigadores que trabajan para la inclusión de estos nutrientes derivados de las partes no comestibles de la fruta en la alimentación humana, como es el caso de la cascara del mango.

Melo et al. (2011) indica que la cáscara de mango seco es una fuente de compuestos fenólicos y Carotenoides.

El uso de fibra dietética proveniente de nuevas fuentes, entre ellos los subproductos provenientes del mango, no está actualmente explotado en todas sus capacidades y la posibilidad de modificarlas mediante tratamientos químicos, enzimáticos y físicos seguramente ampliará sus campos de aplicación. (Laufenberg et al., 2003; Elleuch et al., 2011).

Tabla 8. Análisis fisicoquímico para la harina de cascara de mango, var. Kent

Muestra	Análisis fisicoquímico ¹			
	Proteína*	Grasa*	Cenizas	Humedad
HCM	4.993 ± 0.132	5.773 ± 0.100	3.240 ± 0.209	2.210 ± 0.040

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

*Análisis desarrollados en por Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.)

Fuente: Método de Ensayo N° 1411-16 (Anexo 1) y Laboratorio de Microbiología y Toxicología-DAA UNS

En la Tabla 8 se puede observar que el contenido de proteínas de 4.993% es elevado comparado con el obtenido por Dos Santos (2013) al utilizar mango variedad Tommy Atkins (2.12%), pero superados por los valores obtenidos para las harinas de naranja y mandarina (5.07% y 7.55%, respectivamente), obtenidos por Rincón et al (2005).

Para el caso del valor de la grasa obtenida, el valor de 5.773% superó ampliamente al de la variedad Tommy Atkins (0.48%), obtenido por Dos Santos (2013) y a los de naranja, mandarina y toronja (1.64%, 1.45% y 2.01%, respectivamente), obtenidos por Rincón et al (2005).

Para el caso del valor de cenizas, el valor obtenido de 3.24% superó ampliamente al de la variedad Tommy Atkins (0.42%), obtenido por Dos Santos (2013), pero superados por los valores obtenidos para las harinas de naranja y mandarina (4.86% y 3.96%, respectivamente), obtenidos por Rincón et al (2005).

Para el caso de la humedad de la harina, el valor obtenido de 2.21% fue menor en comparación al de la variedad Tommy Atkins (4.32%), obtenido por Dos Santos (2013) y a los de naranja, mandarina y toronja (3.31%, 4.33% y 7.81%, respectivamente), obtenidos por Rincón et al (2005).

Todos los valores obtenidos en la Tabla 8 de hecho que se vieron reflejados en los análisis finales de los panes de molde preparados según las formulaciones indicadas en el diseño experimental, especialmente en el aumento del nivel de grasa de los panes de molde.

Tabla 9. Análisis de FDT, FDI y FDS para la harina de cascara de mango, var. Kent

Muestra	Análisis fibra enzimática*		
	FDT ¹	FDI ¹	FDS ¹
HCM	38.15 ± 4.666	20.14 ± 3.408	18.01 ± 1.258

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

*Análisis desarrollado en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA) – UNS

La Tabla 9 nos entrega un dato muy importante desde el punto de vista de la salud para la ingesta diaria de fibra dietética total. El valor obtenido de 38.15%

indica que por cada 100 g de consumo de harina de cascara de mango se está consumiendo 38.15 g de FDT.

ADA (1993), indica que el consumo de fibra en la dieta recomendada por la American Dietética Asociación es una ingesta diaria para los adultos de 20 a 30g de una dieta rica en carbohidratos y baja en grasas. Tomando en cuenta esto, solo sería necesario consumir 79 g de harina de cascara de mango para suplir con la ingesta de 30 g diarios de FDT.

Márquez et al. (2010) indica que la cáscara de mango contiene alrededor de cuatro veces más fibra que la pulpa, por lo que puede ayudar en la prevención de enfermedades cardiovasculares y reducir glucosa y lípidos en la sangre.

Pero el valor de la FDT obtenida (38.15%) fue ligeramente inferior a la reportada para la variedad Tommy Atkins (38.96%), obtenido por Dos Santos (2013) pero superada por los obtenidos a partir de naranja, mandarina y toronja (49.78%, 52.89% y 48.09%, respectivamente), obtenidos por Rincón et al (2005).

Con respecto a los datos obtenidos para la FDI de 20.14% y FDS de 18.01 se puede indicar que están por debajo de los obtenidos para el mango criollo (FDI de 27% y FDS de 29%), pero si lo comparamos con las obtenidas por Rincón et al (2005), para las harinas de cascara de naranja, mandarina y toronja, se presentan que la FDI de la harina de cascara de mango es baja (48.03%, 51.66% y 46.44%, respectivamente) y la de FDS es muy alta (1.77%, 1.23% y 1.61%, respectivamente).

La relación de FDS/FDI está en la relación 47:53 que está catalogado como un balance bueno, en comparación con los obtenidos por Vergara et al. (2007) para el mango variedad Keitt y Tommy Atkins que fue de 18:82 y que están catalogados como muy buenos.

Figuroa (2005) indica que la FDS incluye pectinas, β -glucanos, arabinosilanos, galactomananos, así como otros polisacáridos y oligosacáridos indigeribles. Por otra parte, la FDI está compuesta por polisacáridos como la celulosa y otros compuestos como lignina y cutina.

García (2003) reportó que las cáscaras de mango criollo presentan en promedio 4.8% de proteína cruda, 29% de fibra dietética soluble y 27% de fibra dietética insoluble, dicho balance entre los dos tipos de fibra son similar al de la avena; por lo que con su ingesta se podría lograr una funcionalidad similar a la reportada para la avena, tal como: una disminución en la concentración de colesterol y glucosa en la sangre, un incremento en la eliminación de ácidos biliares, así como el crecimiento y proliferación de la flora bacteriana.

Tabla 10. Colorimetría de la harina de cascara de mango (HCM)

Materia Prima	Luminosidad (L)	a¹	b¹	Cromacidad (C)¹	Angulo de tonalidad (h)¹
HCM	60.43±1.844	2.65±0.147	42.95±1.08	43.038±1.08	86.47±0.136

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

Fuente: Datos obtenidos en el IITA-UNS

El valor presentado de b* (42.95), muestra una clara tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides, polifenoles; con respecto al valor de a* (2.65) que indica una ligera tendencia al color rojo. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 86.47 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 43.038.

La variabilidad de las varias tonalidades de color verde de la harina de cáscara de mango se ve afectada por variables como el IM mango, °Brix, Acidez, el tiempo de secado de cascara húmeda, la extracción de la harina, el tamaño de partícula y el almacenamiento.

4.2. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA LA HARINA DE TRIGO

4.2.1. Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal de la harina de trigo utilizada en la investigación, están representados en la Tabla 11.

Tabla 11. Composición porcentual (%) de la harina de trigo.

Componentes (%)	Harina de trigo
Humedad ¹	11.47±0.0282
Proteína	11.97*
Cenizas ¹	0.42±0.056
Grasa	1.69*
Carbohidratos	74.45

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

* Realizado por Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales

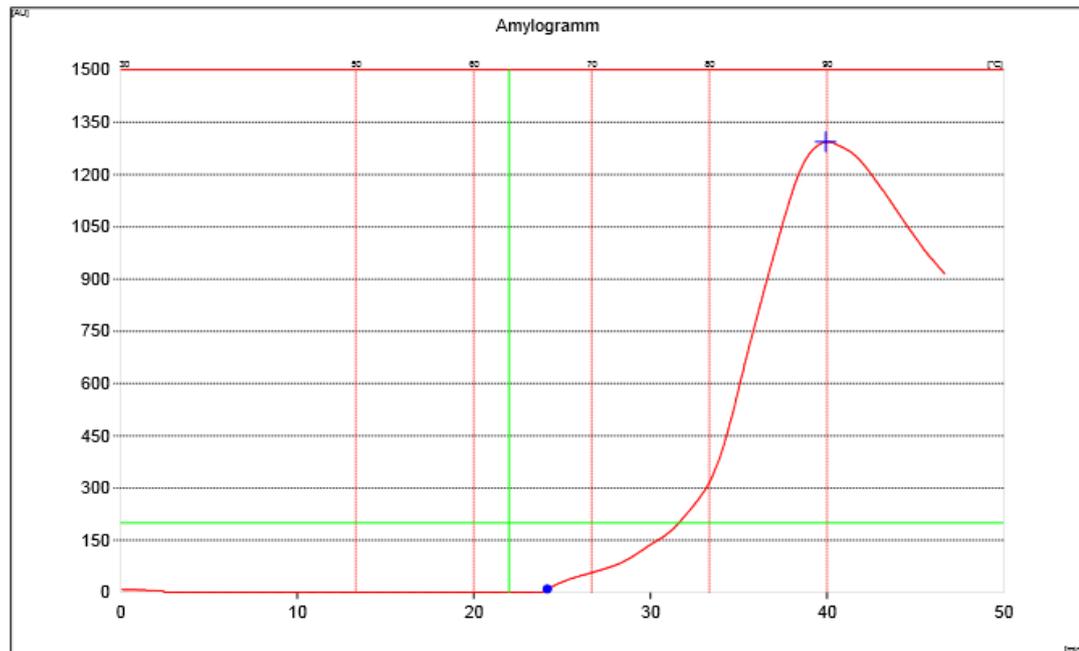
(COLECBI S.A.C.)

4.2.2. Amilograma de la harina de trigo

Del amilografo se obtiene la altura de la curva, la cual indica el grado de gelatinización. Una curva baja indica mala gelatinización la cual quiere decir que el almidón no se une con el agua y esto permanece libre. La corteza del pan resultaría húmeda y gomosa. Una curva elevada demuestra un alto grado de gelatinización y buena capacidad para mantener el agua, de modo que no quede libre. El resultado será pan con corteza seca al paladar.

De acuerdo al grafico 1, se observa el inicio de la temperatura de gelatinización la cual se dio a 66.3 °C llegando a un pico máximo de gelatinización de 1294 AU (Unidades Amilográficas) a una temperatura de gelatinización de 89.9 °C.

Gráfico 1. Amilograma de la harina de trigo (80 g/450 ml)



Fuente: Amilografo Brabender del Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales-UNS

4.2.3. Farinograma de la harina de trigo

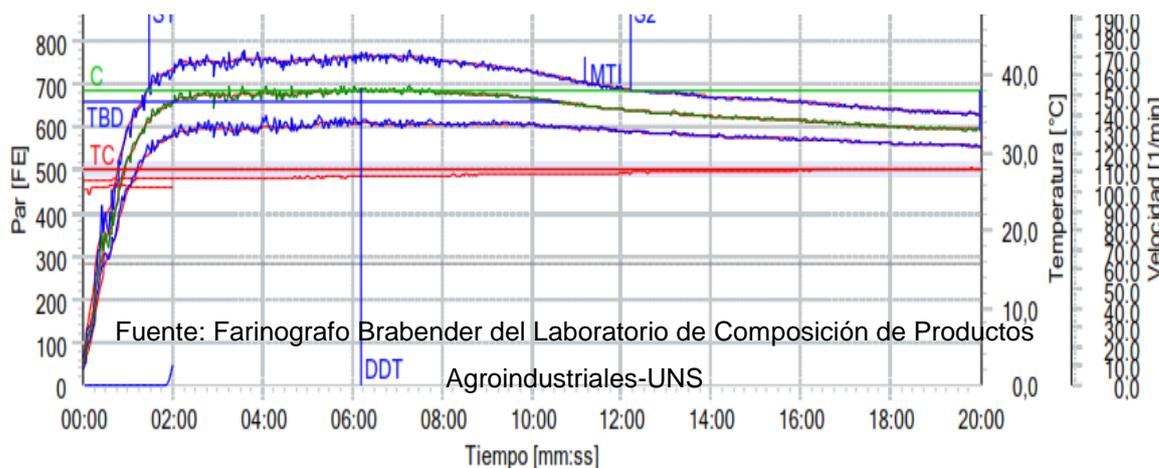
Antes de analizar el farinograma se debe tener en cuenta que la calidad de la harina de trigo está definida por la cantidad y calidad de sus proteínas funcionales: la gliadina y la glutenina. Estas proteínas, al combinarse con el agua y recibir trabajo mecánico en el amasado, forman una red viscoelástica conocida como gluten y que es característica de cada tipo de trigo. (Bravo, 1999).

El farinograma mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y también mide la absorción de agua necesaria para alcanzar dicha consistencia. Para realizar el análisis se toma una pequeña cantidad de harina, se mezcla con agua y se permite que la masa se desarrolle a la vez que se mide la estabilidad y tolerancia al amasado.

Cómo una nota aparte hay que decir que este porcentaje es ligeramente superior al real debido a que los otros ingredientes influyen en la absorción final de la harina (Bravo, 1999).

El porcentaje de absorción se refiere a la cantidad de agua que la masa permite absorber hasta que adquiere una consistencia óptima, medida a 500 FU (Unidades Farinográficas) de la curva. Se dice que a mayor agua absorbida hay mayor cantidad de gluten fuerte en la harina.

Gráfico 2. Farinografía para la harina de trigo



El otro parámetro a medir con un farinógrafo es la estabilidad, que no es más que el tiempo –expresado en minutos- en que la masa mantiene su máxima consistencia (esto se ve en el pico de la curva; grafico 2). Este valor refleja cuan fuerte es la harina para soportar el amasado y en este caso fue de 6:11 min.

En la Tabla 12 se resume los datos obtenidos del farinografo.

Tabla 12. Análisis farinografico de la harina de trigo

Muestra	H (%)	C (FU)	%ABS	%ABS 500 UF	%ABS 14 %	TOD(min)	E (min)	MIT(FU)
Harina de trigo	14.0	688	56	60.3	61.5	5.37	6.11	62

H= Humedad, C= Consistencia, ABS=Absorción, TOD= Tiempo óptimo de desarrollo, E= Estabilidad, MIT=Índice de tolerancia

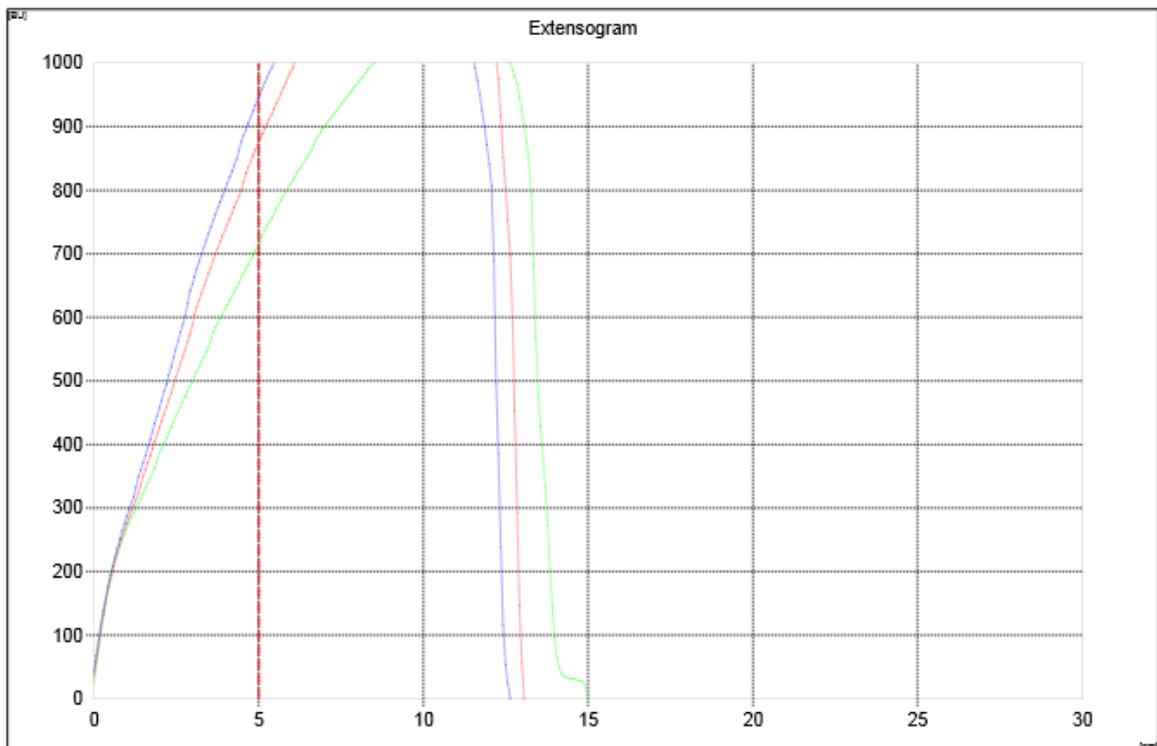
El índice de tolerancia es la cantidad de Unidades Farinograficas que logra obtener la masa en la gráfica por encima de las 500 FU. Para la harina de trigo se obtuvo el valor de 60.3.

A índice de tolerancia o grados de ablandamientos elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado; este almidón se rompe en el proceso de molienda y es capaz de absorber el doble de agua que un almidón intacto (Bravo, 1999). Para el caso de la harina de trigo se obtuvo el valor de 62.

4.2.4. Extensograma de la harina de trigo

En el gráfico 3 se muestra el extensograma para la harina de trigo y en la tabla 13 los valores obtenidos.

Gráfico 3. Extensograma para la harina de trigo



Test: C:\Users\UNS-01\Desktop\compogalharina trigo.EXD

Fuente: Extensografo Brabender del Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales-UNS

Tabla 13. Parámetros del extensograma obtenidos para la harina de trigo

Muestra	Tiempo	R(UB)	E(mm)	M(BU)	Energía(cm ²)
	30 min	718	150	1078	186
	60 min	880	131	1273	198
Harina de trigo	90 min	951	126	1227	193

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

Fuente: Extensografo Brabender del Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales-UNS

4.2.5. Color instrumental de la harina de trigo

Tabla 14. Colorimetría de la harina de trigo.

Materia Prima	Luminosidad (L)	a ¹	b ¹	Cromacidad (C) ¹	Angulo de tonalidad (h) ¹
Harina de trigo	101.22±0.363	-1.67±0.043	14.87±0.483	14.96±0.483	84.59±1.776

¹Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

Fuente: Laboratorio de Operaciones Unitarias Agroindustriales UNS

El valor presentado de b* (14.87), el cual muestra una ligera tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides, con respecto al valor de a* (-1.67) una ligera tendencia al color verde. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 84.59 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 14.96.

La variabilidad del color de la harina de trigo se ve afectada por variables como el genotipo de trigo, extracción de la harina., condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones

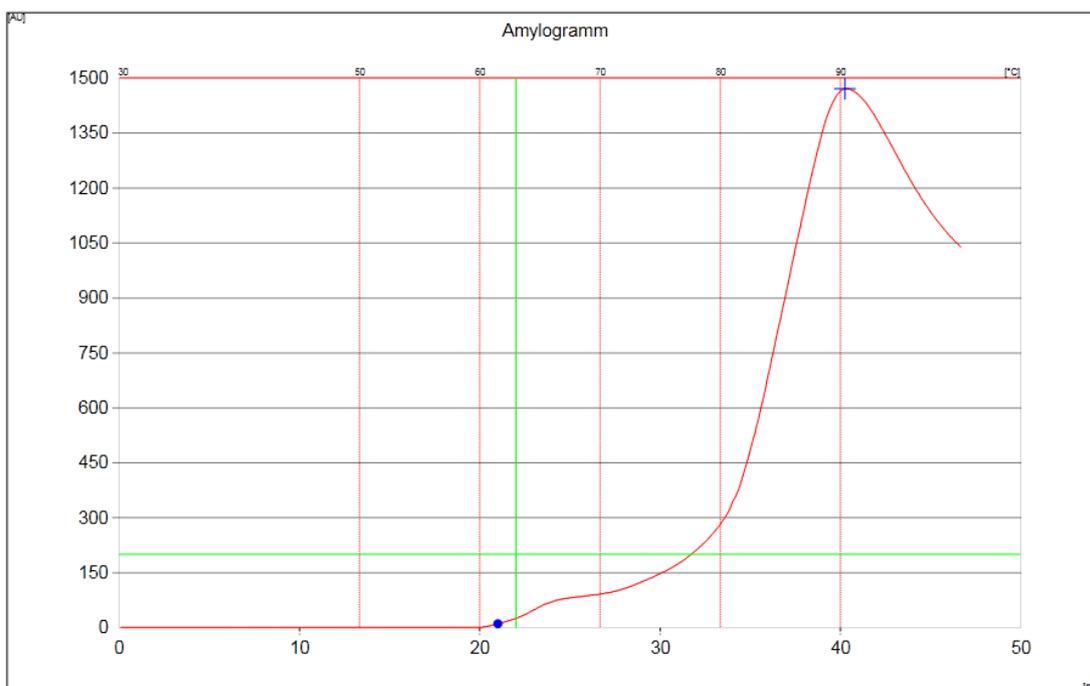
climáticas de la cosecha y el lugar de siembra. (Ortolan, 2006), mencionado por (Mattos, 2009).

4.3. ANÁLISIS REOLÓGICO PARA LA HARINA DE TRIGO MEZCLADA CON HCM.

4.3.1. Amilograma para la mezcla (Formulación 3)

En el grafico 4 se presenta el amilograma para la formulación 3 constituida por 6.5% HCM y 93.5% HT.

Gráfico 4. Amilograma para la formulación 3 (6.5% HCM y 93.5% HT)



Test: noname

Fuente: Amilografo Brabender del Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales-UNS

De acuerdo al grafico 4, se observa el inicio de la temperatura de gelatinización la cual se dio a 61.5 °C llegando a un pico máximo de gelatinización de 1471 AU (Unidades Amilográficas) a una temperatura de gelatinización de 90.4 °C.

La temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento (asociación) intragranular, por lo que mientras mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación entre las macromoléculas en el interior del gránulo de almidón.

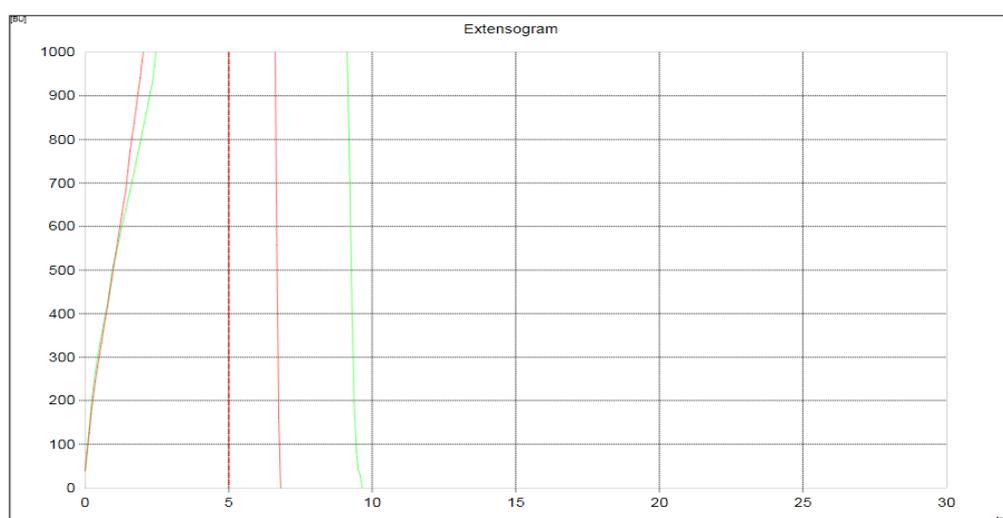
La harina de trigo tiene una temperatura de gelatinización ligeramente menor que la formulación 3 con un 90.4 °C y 89.9 °C respectivamente.

El máximo punto de gelificación fue observada en el almidón de la formulación 3 con 1471 AU (Grafica 4) mientras que para el trigo fue a 1294 AU (Grafica 1); lo que hace suponer que cuanto mayor sea el valor de AU menor es la actividad enzimática de la harina. De acuerdo a los resultados, se puede concluir que los gránulos de la suspensión de almidón de la fórmula 3, tienen mayor capacidad de hinchamiento, lo cual se corresponde con la mayor capacidad de absorción de agua obtenida y por ende una mayor alteración granular, dando una mayor viscosidad en la pasta formada (Calcáneo, 1981).

4.3.2. Extensograma para la mezcla (Formulación 3)

En el grafico 5 se presenta el extensograma para la formulación 3 constituida por 6.5% HCM y 93.5% HT.

Gráfico 5. Extensograma para la Formulación 3 (6.5% HCM y 93.5% HT)



Test: C:\Users\UNS-01\Desktop\compo g a\harina de trigo y harina de camote.EXD

Fuente: Extensografo Brabender del Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales-UNS

Tabla 15. Parámetros del extensograma obtenidos para la formulación 3 (6.5% HCM y 93.5% HT)

Muestra	Tiempo	R(UB)	E(mm)	M(BU)	Energía(cm ²)
Formulación 3	30 min	1638	97	1638	207
	60 min	1638	68	1638	147

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

De acuerdo a la Tabla 13 y Tabla 15 se observa que para el caso de la harina de trigo y la formulación 3, respectivamente, quien obtuvo mayor resistencia a los 30 min fue la formulación 3, es decir 1638 UB contra 718 UB de la harina de trigo. Se observa también, para ambos, 880 UB contra 1638 UB, siendo mayor para la formulación 3. Después de 90 minutos la resistencia de la harina de trigo llegó a 951 UB, pero para la formulación 3 no se pudo culminar porque la masa se tornó pegajosa. Por ende la formulación 3, en comparación con la de harina de trigo, resulto ser una harina floja ya que solo necesita tiempos de fermentación mucho más cortos por ello muestra la resistencia a los 30 y 60 min de fermentación y, a los 90 min no puede terminarse la evaluación en el equipo.

Es el grado de fermentación que resiste una harina la que decide la calidad de este. Es la estabilidad más que la fuerza lo que una harina necesita puesto que debe formarse una masa suficientemente estable para conservar su forma después de ser moldeada. (Bencon, 1990).

En extensibilidad y energía la harina de trigo y la formulación 3 evaluadas, La formulación que tuvo mayor extensibilidad y energía a los 30 min de fermentación fueron la harina de trigo, y la formulación 3; a los 60 min de fermentación fue la de harina de trigo.

Analizando los datos obtenidos, podemos indicar que a los 30 min de fermentación no existe mucha diferencia para descalificar a la formulación 3 como harina débil; pero, a los 60 min de fermentación si se puede catalogar a la harina de trigo como harina fuerte, puesto que a un valor alto de energía unido a gran extensibilidad, indica una harina fuerte (Stanley, 1998).

4.4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS PANES DE MOLDE OBTENIDOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE CASCARA DE MANGO.

4.4.1. Volumen específico de los panes de molde

A continuación, en las figuras 48, 49, 50, 51, 52 y 52 se muestran los panes de molde elaborados con diferentes porcentajes de harina de cascara de mango y ácido ascórbico. En estas figuras se muestran claramente que las alturas de los panes varían según la adición de HCM y AA.

Hassan et al. (2008) indican que una adición superior al 10% como sucedáneo de la harina de trigo, promueven una reducción significativa en el volumen del pan.

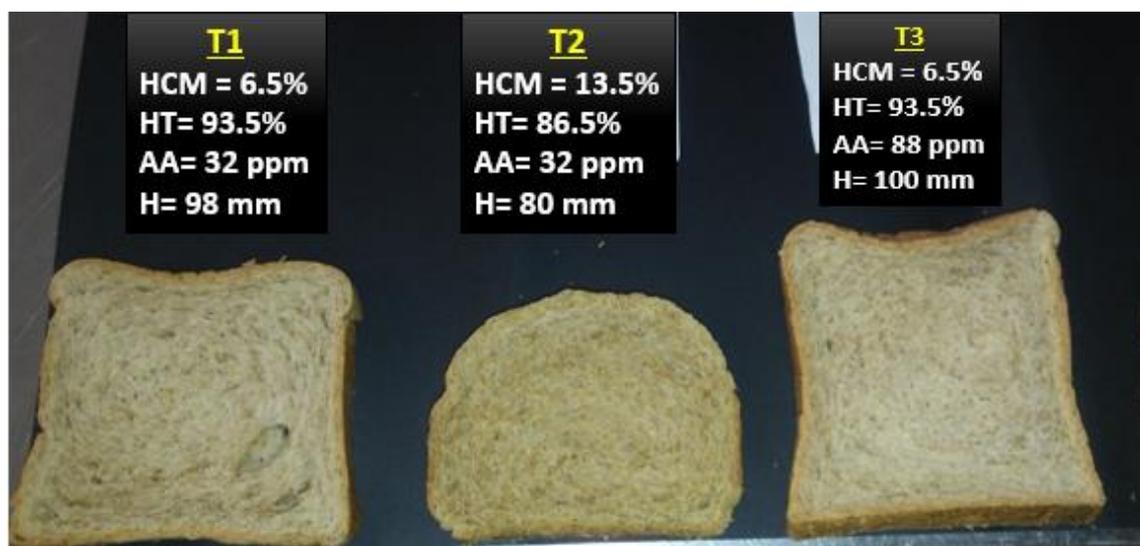


Figura 48. Panes de molde elaborados según T1, T2 y T3

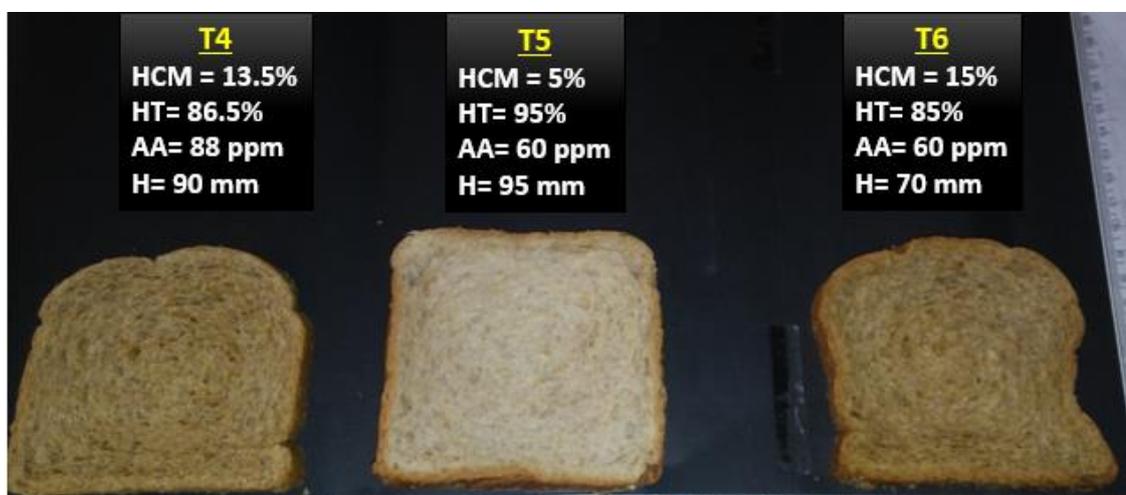


Figura 49. Panes de molde elaborados según T4, T5 y T6

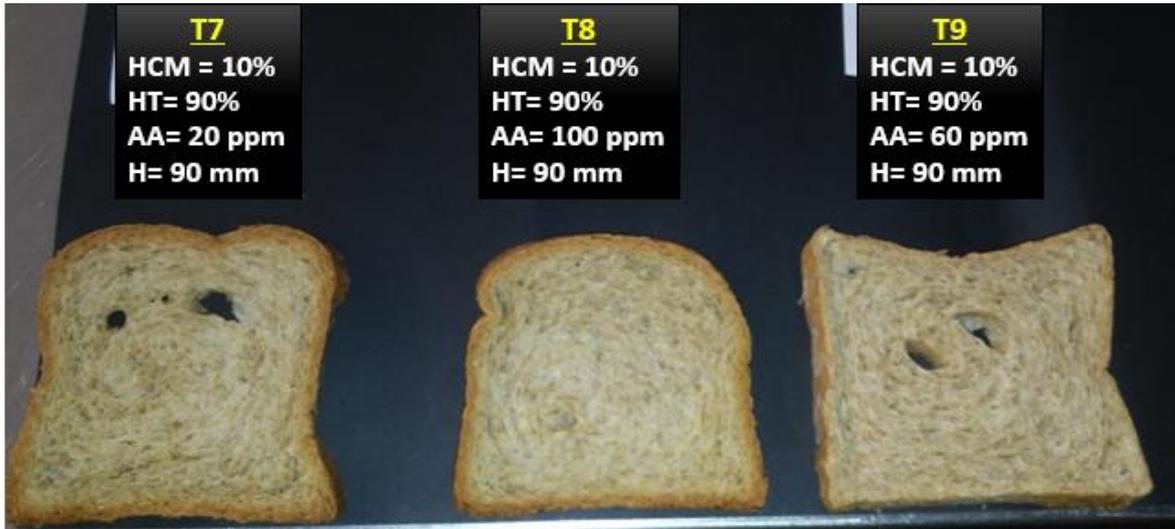


Figura 50. Panes de molde elaborados según T7, T8 y T9

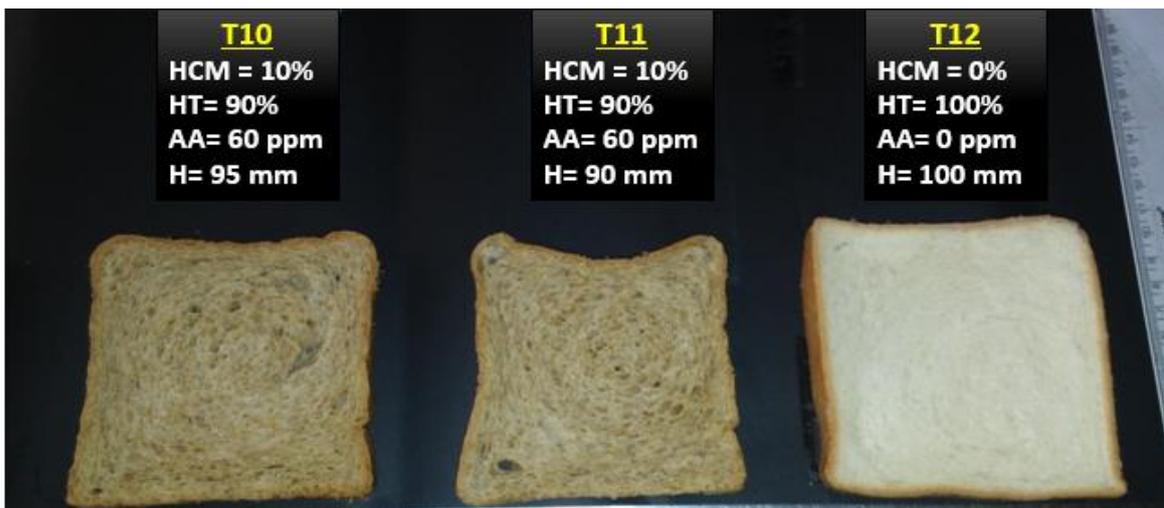


Figura 51. Panes de molde elaborados según T10, T11 y T12

En la figura 51 se puede observar que el T12 constituido por 100% de HT tiene el color blanco nítido y la altura mayor a todos los tratamientos realizados.



Figura 52. Ubicación de los panes de molde elaborados, de menor a mayor porcentaje de HCM (5% hasta 13.5%)

En la figura 52 se observa que los T5, T1, T3 y T10 son los que acercan más al valor estándar de la altura del pan de molde T12, dado que obtienen valores de 95 mm, 98 mm, 100 mm y 95 mm respectivamente. Esto demuestra en forma preliminar que los porcentajes de HCM utilizados si influyen en la altura y volumen de los panes de molde.

Es importante destacar que el T3 que es uno de los que salió con mejor puntuación en el análisis sensorial, tenga la altura similar al T12. Este T3 está constituido por 6.5% HCM y 93.5% HT y es la que salió mejor evaluado en el análisis farinografico y extensografico practicado a la masa.



Figura 53. Ubicación de los panes de molde elaborados, de menor a mayor porcentaje de AA (20 ppm hasta 100 ppm)

La figura 53 muestra los panes de molde en orden creciente en el uso del AA. Se puede indicar, por ejemplo, que el T4 que contiene 88 ppm y el T8 que contiene 100 ppm (que es el máximo utilizado) no logran tener un volumen adecuado, siendo la altura alcanzada por ambos, de $H=90$ mm. Esto puede predecir preliminarmente, que no necesariamente el uso de un mayor porcentaje de AA contribuye a mejorar el volumen del pan de molde, pudiendo ser afectado, con mayor fuerza, la adición de la HCM.

Ferreira (2002) manifiesta que cuanto mayor es el volumen específico del pan de molde mejor es su evaluación.

Los análisis estadísticos a practicarse para los resultados obtenidos de los panes de molde con diferentes porcentajes de HCM y ppm del AA, permitieron aclarar mejor lo obtenido por las fotografías.

El menor volumen de los panes de molde se debe a que la grasa al interactuar con la harina de cascara de mango mejora el efecto lubricante y sella los poros de la red del gluten, según Lucas (2008); sin embargo, la harina de cascara de mango resulta una carga que no aporta gluten y al aumentar tanto la grasa como la HCM se diluye el gluten presente, afectando el volumen del pan.

4.4.2. Análisis estadístico de los volúmenes específicos de los panes de molde

Tabla 16. Volumen específico del pan de molde.

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Volumen Específico (ml/g)
1	-1.00	-1.00	4.601
2	1.00	-1.00	3.861
3	-1.00	1.00	4.677
4	1.00	1.00	4.278
5	-1.41	0	4.77
6	1.41	0	4.074
7	0	-1.41	4.658
8	0	1.41	4.582
9	0	0	4.677
10	0	0	4.634
11	0	0	4.583
Patrón	-	-	4.870

Fuente: Anexo 2, datos para evaluar el volumen específico

La **Tabla 16** muestra el diseño experimental expresado en valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable volumen específico.

Como se puede observar en la **Tabla 16**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de volumen específico entre 3.861 (Formulación 2) y 4.677 (Formulación 3 y 9); valores mínimos y máximo respectivamente.

Por otro lado las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos (4.583 a 4.677 ml/g); lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes (Tabla 17) y los efectos significativos para la variable en estudio (Figura 53). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental y/o residuo); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de harina de cáscara de mango (x_1) y ácido ascórbico (x_2).

Tabla 17. Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(5)	p-valor*
Media	4.63	0.08	54.55	<0.0001
x_1 (L)	-0.53	0.10	-5.11	0.0038
x_1 (Q)	-0.29	0.12	-2.37	0.0643
x_2 (L)	0.09	0.10	0.93	0.3965
x_2 (Q)	-0.09	0.12	-0.77	0.4786
$x_1 \times x_2$	0.17	0.15	1.159	0.2986

x_1 =Harina de cáscara de mango, x_2 =ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia ($p < 0.10$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 10%, es decir que los términos que tengan una probabilidad menor a 0.10 serán significativos. Por lo tanto se concluye que los términos significativos (ver tabla

17 y figura 53) en el estudio de la variable Volumen Específico; fueron el término lineal y cuadrático de la harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el delineamiento experimental completo fue de **87.136%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo. Así mismo al excluir en el software STATISTICA v 13.1 los términos que no fueron significativos ($p > 0.10$); el nuevo valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental es de **79.959%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste del modelo.

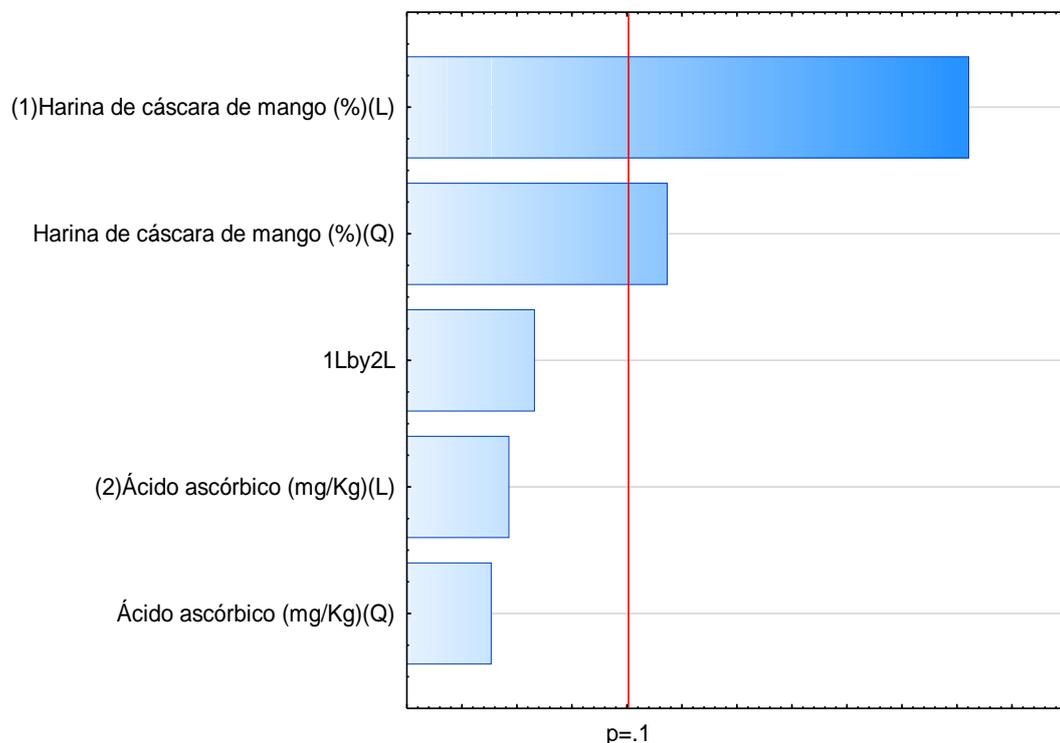


Figura 54. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.

La Tabla 18 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta Volumen específico. Ahí se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es adecuado; podemos concluir y construir un modelo ajustado o codificado (ecuación 1).

Además es posible construir superficies de respuestas para el volumen específico, la cual se presenta en la figura 54.

Tabla 18. Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.10)
Regresión	0.67	2	0.34		
Residuos	0.17	8	0.02	17	3.11
Total	0.84	10	0.08		

Fuente: Statistica v. 12.0

$$\text{Volumen específico} = 4.63 - 0.53x_1 - 0.29 x_1^2 \dots(1)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango

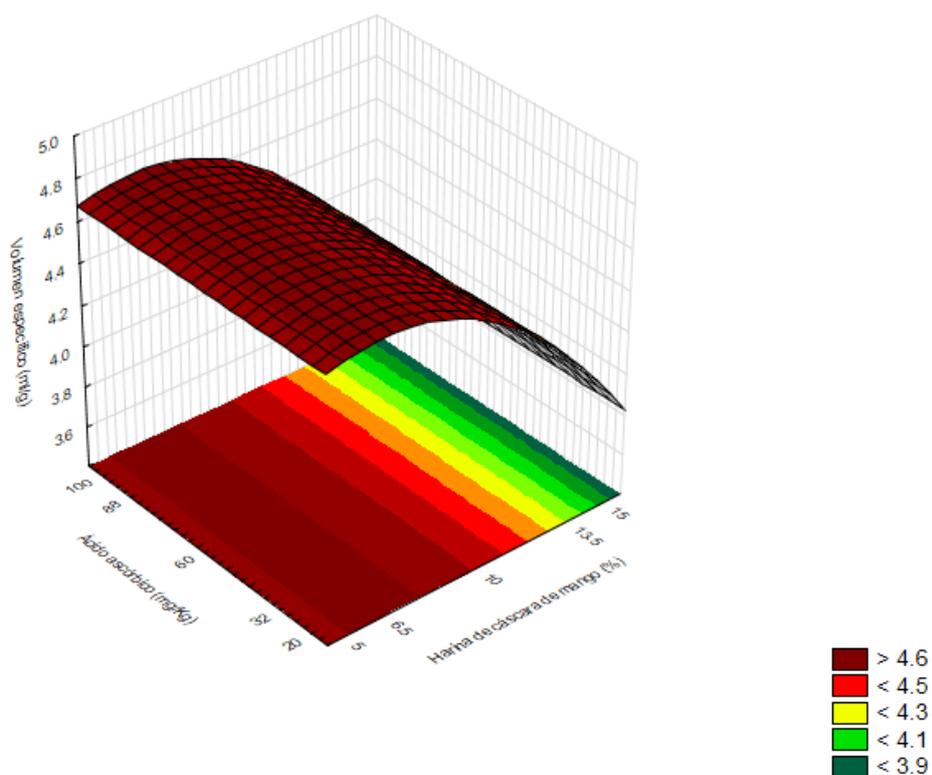


Figura 55. Superficies de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La superficie de respuesta de la figura 55 nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango (De 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4.6 ml/g) en los panes de molde.

León (1999) indica que el ácido ascórbico y la azodicarbonamida son capaces de favorecer la obtención de panes de mayor volumen que el testigo, pero su efecto es mejor cuando se combina con el bisulfito de sodio.

Paucar-Menacho et al. (2009) indican que en la preparación de panes de molde con harina de torta de soya ("okara") se obtuvo una reducción intensa en el volumen específico con una adición superior al 10% de harina.

El valor máximo de volumen específico obtenido por el T5 fue de 4.77 ml/g, que se acercó al del pan 100 % harina de trigo (4.87 ml/g), pero ambos valores son menores del reportado por El-Dash et al. (1982) para panes blancos (6 ml/g).

4.4.3. Color de la corteza de los panes de molde.

La tabla 19, presenta los valores obtenidos de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 19. Color de la corteza de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Luminosidad (L*)	Cromacidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1.00	-1.00	55.967	39.694	72.918
2	1.00	-1.00	63.157	37.211	85.129
3	-1.00	1.00	55.973	40.829	67.891
4	1.00	1.00	56.183	33.791	77.344
5	-1.41	0	55.493	37.740	71.471
6	1.41	0	54.810	34.170	77.040
7	0	-1.41	52.040	33.289	72.151
8	0	1.41	49.407	33.245	71.903
9	0	0	57.900	36.530	75.029
10	0	0	59.607	36.862	75.890
11	0	0	57.227	37.316	74.238
Patrón	-	-	56.773	41.393	69.932

Fuente: Anexo 3, Datos para evaluar la cromacidad y ángulo de tonalidad de corteza

A. Luminosidad de la corteza de los panes de molde.

Los valores de luminosidad de los panes de molde presentaron una ligera tendencia al color blanco (Tabla 19).

Los ensayos con condición de punto central presentaron relativa proximidad, lo que resalta la realización de un buen proceso.

Tabla 20. Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	57.54	1.97	29.27	<0.0001
x₁ (L)	1.61	2.41	0.67	0.5337
x₁ (Q)	0.05	2.87	0.02	0.9866
x₂ (L)	-2.67	2.41	-1.11	0.3174
x₂ (Q)	-4.38	2.87	-1.53	0.1872
x₁ x x₂	-3.49	3.41	-1.02	0.3524

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

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

A través del procesamiento de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de las variables independientes sobre la respuesta Luminosidad, presentados en la tabla 20. Analizando estos efectos se observó que ningún término tuvo efecto significativo (p<0.05) (ver figura 56); por lo que no se considera la realización del modelo matemático y la superficie de respuesta.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la luminosidad de la corteza, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

El coeficiente de determinación (r²=51.462%) presento un valor bajo.

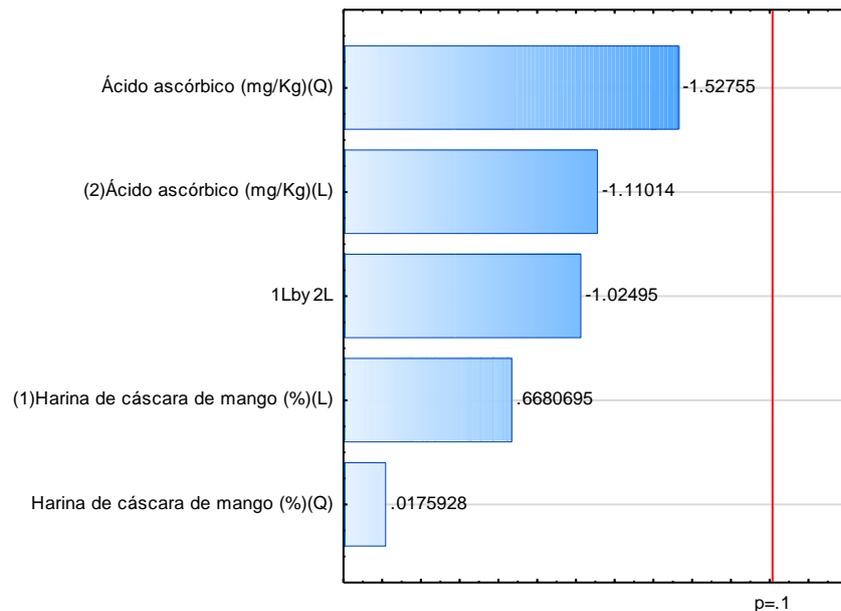


Figura 56. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la corteza.

B. Cromacidad de la corteza de los panes de molde.

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron relativa proximidad, lo que representa la realización de un buen proceso (Tabla 19).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta cromacidad, que representa la saturación del color, tabla 21 y figura 57. Analizando estos efectos se observó que el único parámetro que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de 62.048%. Este valor no indica un buen ajuste del modelo, por lo que no se puede establecer una superficie de respuesta y una ecuación de modelo predictiva con las variables independientes en estudio.

Tabla 21. Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	36.90	1.29	28.69	<0.0001
x₁ (L)	-3.64	1.58	-2.31	0.0687
x₁ (Q)	0.69	1.88	0.37	0.7289
x₂ (L)	-0.59	1.58	-0.37	0.7248
x₂ (Q)	-2.00	1.88	-1.07	0.3348
x₁ x x₂	-2.28	2.23	-1.02	0.3535

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

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

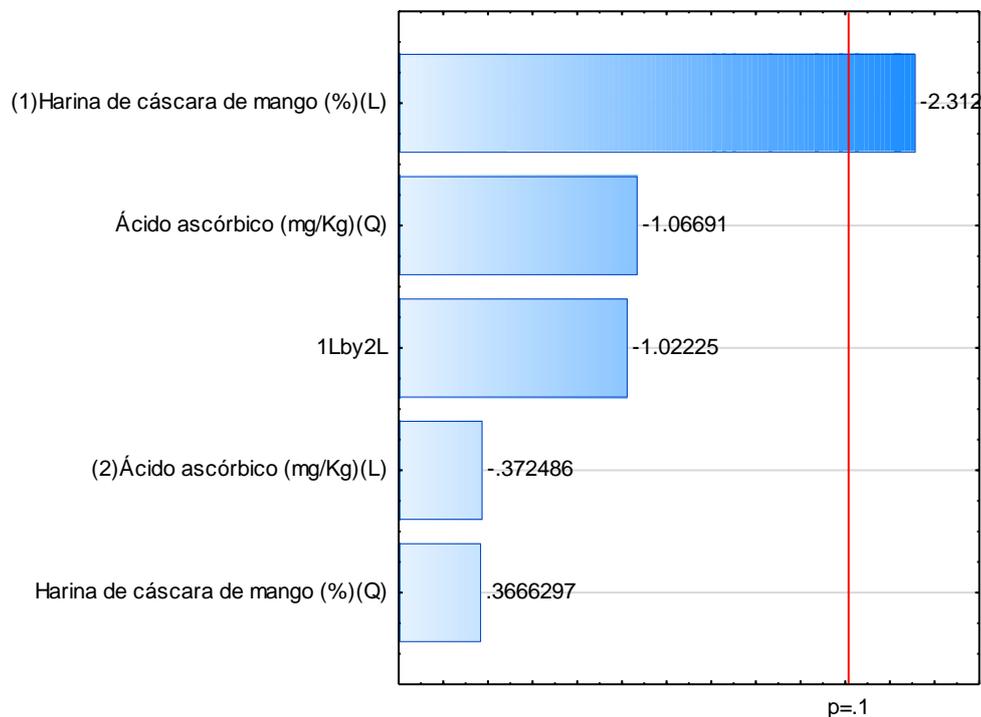


Figura 57. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza.

C. Ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.

El ángulo de tonalidad (h) expresado en grados, define la coloración de los productos siendo, en este estudio 0 grados igual a a*, es decir color rojo y 90 grados igual a b*, es decir color amarillo. De forma general los valores encontrados para el ángulo de tonalidad de la corteza presentan un rango de 68° a 77° (tabla 19).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta ángulo de tonalidad, tabla 19 y figura 58. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **70.135%**.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **55.309%**; no pudiéndose representar una superficie de respuesta y una ecuación de modelo ajustado para la variable en estudio.

Tabla 22. Coeficientes de regresión para respuesta de ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	75.05	1.98	37.88	<0.0001
x ₁ (L)	7.38	2.43	3.04	0.0287
x ₁ (Q)	0.54	2.89	0.19	0.8583
x ₂ (L)	-3.29	2.43	-1.36	0.2331
x ₂ (Q)	-1.69	2.89	-0.58	0.5848
x ₁ x x ₂	-1.38	3.43	-0.40	0.7044

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

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

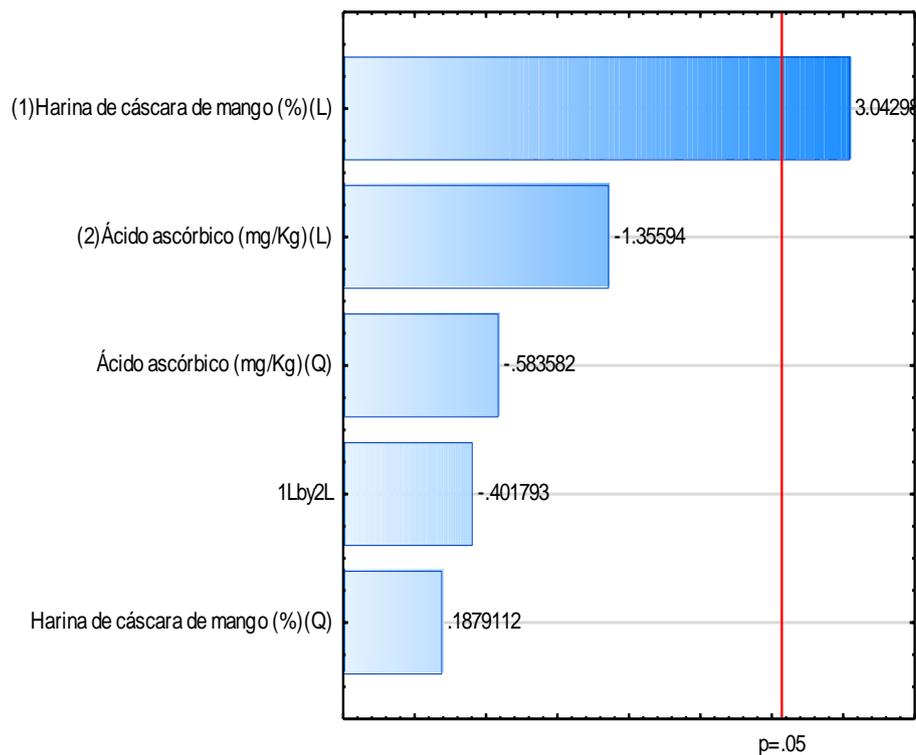


Figura 58. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza

4.4.4. Color de la miga de los panes de molde.

La tabla 23, presenta los parámetros de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde; de acuerdo a cada formulación del planeamiento experimental.

Tabla 23. Color de la miga de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Luminosidad (L*)	Cromacidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1.00	-1.00	61.990	21.410	88.001
2	1.00	-1.00	56.513	25.939	87.474
3	-1.00	1.00	65.897	19.158	89.462
4	1.00	1.00	55.327	25.814	88.083
5	-1.41	0	63.440	18.261	88.316
6	1.41	0	58.427	25.786	88.733
7	0	-1.41	62.267	22.877	89.833
8	0	1.41	63.993	22.211	89.518
9	0	0	66.373	20.243	88.575
10	0	0	66.657	22.852	89.156
11	0	0	68.555	24.114	89.533
Patrón	-	-	81.263	13.979	79.253

Fuente: Anexo 4, Datos para evaluar cromacidad y ángulo de tonalidad en miga del pan

A. Luminosidad de la miga de los panes de molde.

Los valores de luminosidad de los panes de molde presentaron una tendencia al color blanco (tabla 23).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron relativa proximidad, lo que representa la realización de un buen proceso.

El término lineal de harina de cáscara de mango, el término cuadrático de harina de cáscara de mango; así como el término cuadrático de ácido ascórbico presentaron significancia estadística en la variable en estudio (tabla 24 y figura 59).

Tabla 24. Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	67.19	1.20	55.89	<0.0001
x₁ (L)	-5.78	1.47	-3.93	0.0111
x₁ (Q)	-7.31	1.75	-4.17	0.0087
x₂ (L)	1.29	1.47	0.88	0.4208
x₂ (Q)	-5.12	1.75	-2.92	0.0331
x₁ x x₂	-2.55	2.08	-1.22	0.2758

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **88.438%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir del modelo el término lineal de ácido ascórbico y la interacción de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico por no ser significativos ($p>0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **83.201%**. Lo que indica un buen ajuste del delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

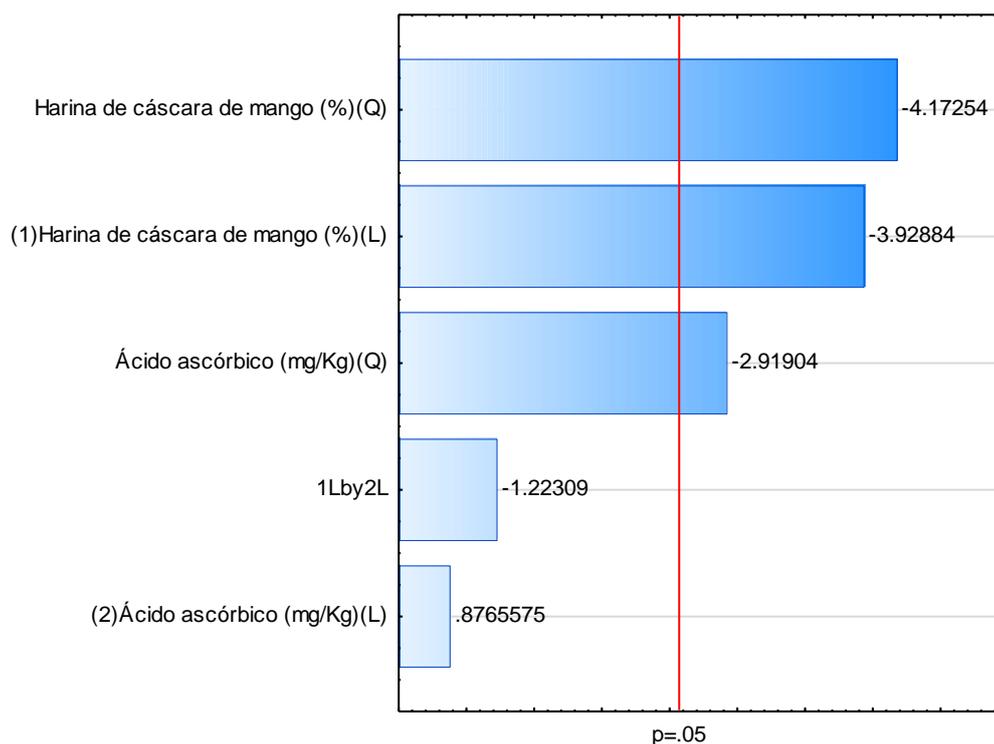


Figura 59. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la miga.

Tabla 25. Análisis de varianza para la respuesta luminosidad miga del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	155.96	3	51.99		
Residuos	31.49	7	4.49	11.58	4.35
Total	187.45	10	18.745		

Fuente: Statistica v.12.0

La Tabla 25 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta luminosidad de la miga de los panes de molde. De la tabla se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es adecuado; podemos concluir y construir una ecuación de modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros

estadísticamente significativos (ecuación 2) que relaciona la luminosidad de la miga en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico.

$$\text{Luminosidad de la miga} = 67.19 - 5.78x_1 - 7.31x_1^2 - 5.12x_2^2 \dots(2)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango

x_2 = Ácido ascórbico

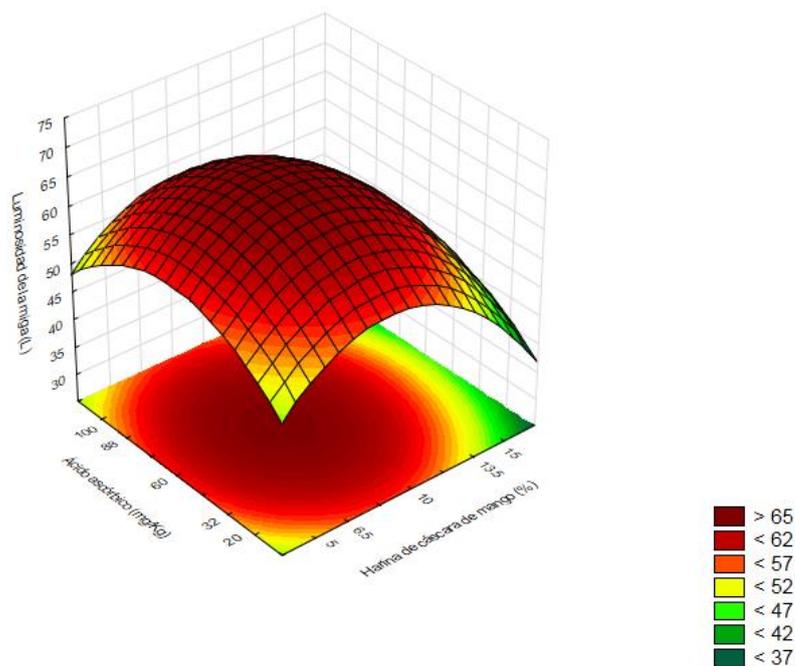


Figura 60. Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La figura 60 muestra la superficie de respuesta obtenida para la luminosidad de la miga de los panes de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la maximización de la luminosidad instrumental de la miga, su máximo valor se obtendrá cuando se adicione 10% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico.

B. Cromacidad de la miga de los panes de molde.

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron relativa proximidad, lo que representa la realización de un buen proceso (tabla 23).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta cromacidad, que representa la saturación del color, tabla 26 y figura 61. Analizando estos efectos se observó que el único parámetro que tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **86.977%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Tabla 26. Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	22.40	0.79	28.36	<0.0001
x₁ (L)	5.46	0.97	5.64	0.0024
x₁ (Q)	0.02	1.15	0.02	0.9876
x₂ (L)	-0.83	0.97	-0.86	0.4302
x₂ (Q)	0.54	1.15	0.47	0.6592
x₁ x x₂	1.06	1.37	0.78	0.4721

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

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

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **82.874%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.

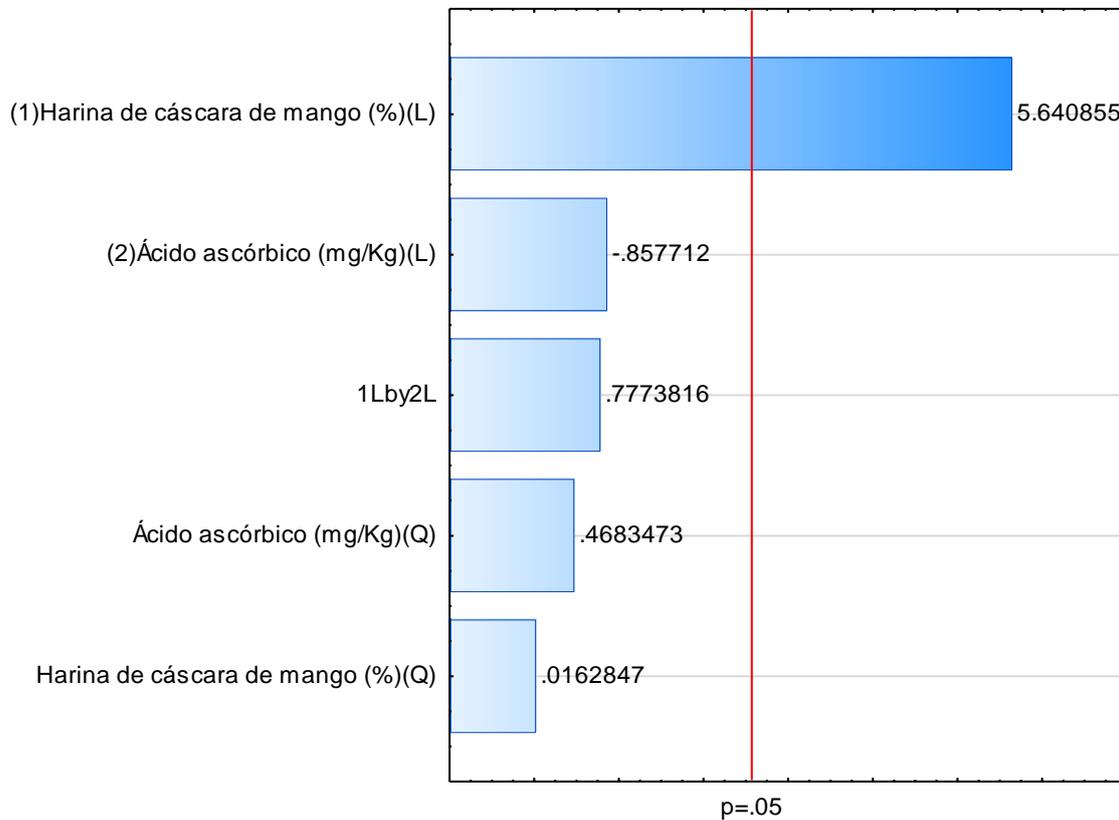


Figura 61. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la miga.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 27, se observa que el modelo que describe la respuesta Cromacidad en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{calculado}/F_{tabulado}$ fue de 8.49, permitiendo la construcción de la superficie de respuesta que se presenta en la figura 62 y la ecuación de modelo ajustado que se presenta en la ecuación 3.

Tabla 27. Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la miga del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	59.55	1	59.55		
Residuos	12.31	9	1.37	43.47	5.12
Total	71.86	10	7.19		

Fuente: Statistica v. 12.0

$$\text{Cromacidad de la miga} = 22.40 + 5.46x_1 \dots(3)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango

La figura 62 muestra la superficie de respuesta obtenida para la respuesta cromacidad del pan de molde. De las mismas se puede concluir que el ácido ascórbico no tuvo efecto significativo y que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango entre 5 y 15% generan valores bajos de cromacidad en los panes de molde.

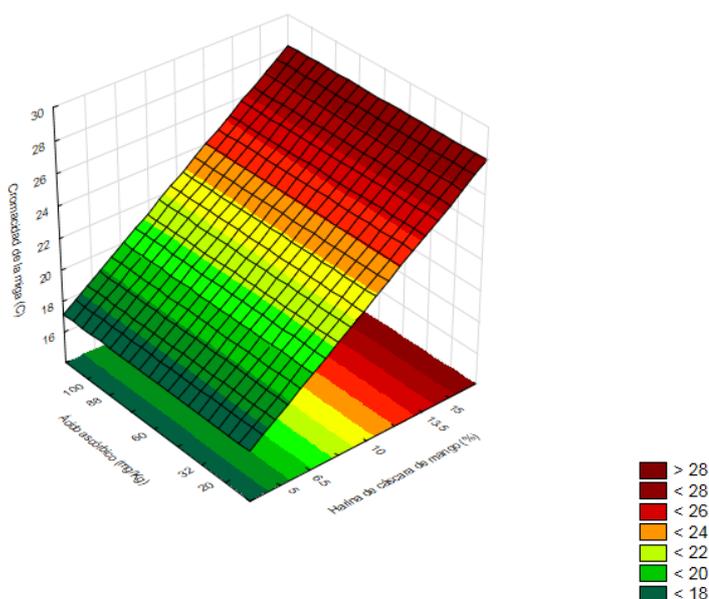


Figura 62. Superficies de respuesta para la cromacidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

C. Ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.

El ángulo de tonalidad (h) expresado en grados, define la coloración de los productos siendo, en este estudio 0 grados igual a a*, es decir color rojo y 90 grados igual a b*, es decir color amarillo. De forma general los valores reportados para el ángulo de tonalidad de la miga presentan un rango de 87° a 89° (tabla 23).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta ángulo de tonalidad, tabla 28 y figura 63. Analizando estos efectos se observó que no se tuvieron parámetros con efecto significativo ($p < 0.05$).

Por tanto, el modelo matemático y las superficies de respuesta no fueron considerados debido a que el coeficiente de determinación ($r^2 = 41.137\%$) presento un valor bajo.

Tabla 28. Coeficientes de regresión para respuesta ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	89.09	0.48	185.40	<0.0001
x₁ (L)	-0.33	0.59	-0.56	0.6002
x₁ (Q)	-0.99	0.70	-1.41	0.2183
x₂ (L)	0.41	0.59	0.69	0.5208
x₂ (Q)	0.17	0.70	0.24	0.8231
x₁ x x₂	-0.43	0.83	-0.51	0.6306

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

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

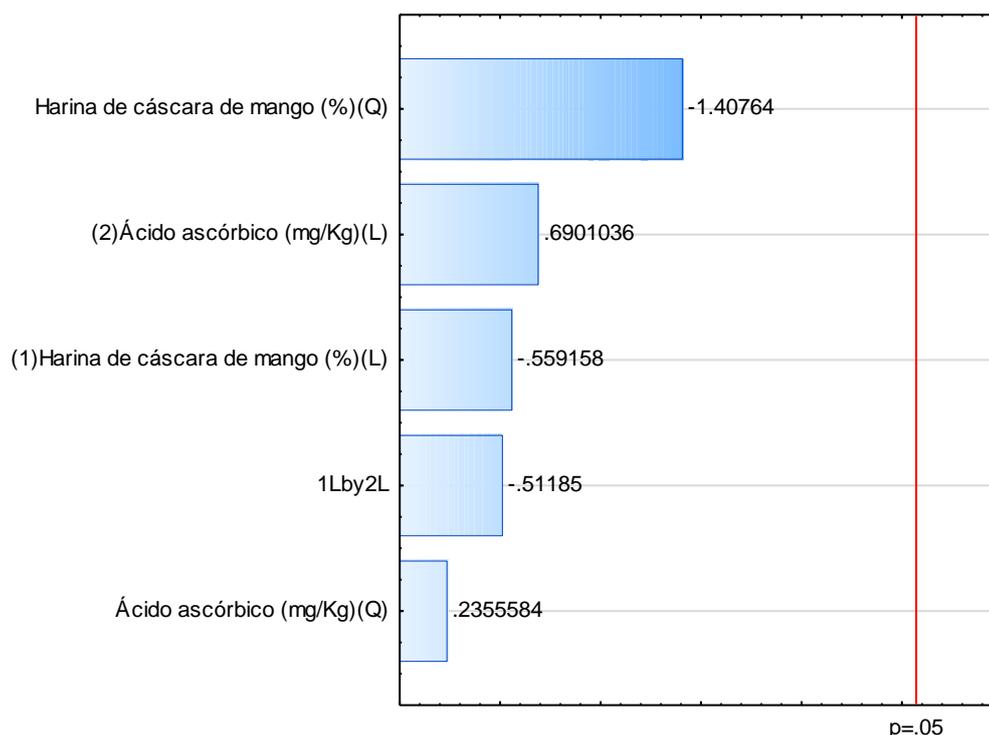


Figura 63. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la miga.

Según Giese (2000), el color de los panes de molde constituye un factor muy importante para su comercialización, siendo directamente influenciada por las materias primas que componen su formulación y por las condiciones del horneado.

Ramirez-Wong et al. (2007) indica que las características de la harina de trigo, como el tamaño de las partículas y el contenido de cenizas interfieren en el color de la miga de los panes.

Es bueno indicar que la harina de cascara de mango, según el análisis colorimétrico parcticado, muestra un color verde a amarillo verdoso, por ello si adicionamos porcentajes mayores al pan de molde, se obtendrán valores bajos de cromacidad y no se podrá adicionar porcentajes >10% de harina de cáscara de mango y >60ppm de ácido ascórbico, para que la luminosidad no disminuya. Esto indica aumento significativo de los parámetros a^* y b^* cuando se aumenta los % de HCM.

4.4.5. Análisis de proteínas, grasa, humedad y cenizas en los panes de molde.

A. Proteína.

Tabla 29. Proteína del pan de molde.

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Proteína (%)
1	-1.00	-1.00	11.42
2	1.00	-1.00	11.21
3	-1.00	1.00	10.73
4	1.00	1.00	10.49
5	-1.41	0	11.4
6	1.41	0	10.34
7	0	-1.41	11.1
8	0	1.41	10.71
9	0	0	10.63
10	0	0	10.7
11	0	0	10.77
Patrón	-	-	12.00

Fuente: Anexo 5, Datos obtenidos del Informe de Ensayo N° 2614-16 de Laboratorio COLECBI SAC,

La tabla 29 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable proteína del pan de molde.

Como se puede observar en la tabla 29, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de proteína entre 10.34

(Formulación 6) y 11.42 (Formulación 1); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la correcta realización del proceso de elaboración.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 30); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 64).

Solo los términos lineales de las variables en estudio fueron significativos.

Tabla 30. Coeficientes de regresión para respuesta proteína de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	10.70	0.13	82.76	<0.0001
x₁ (L)	-0.49	0.16	-3.08	0.0276
x₁ (Q)	0.21	0.19	1.10	0.3211
x₂ (L)	-0.49	0.16	-3.09	0.0269
x₂ (Q)	0.24	0.19	1.29	0.2546
x₁ x x₂	-0.02	0.22	-0.07	0.9492

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **80.983%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 30, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a

72.495%. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

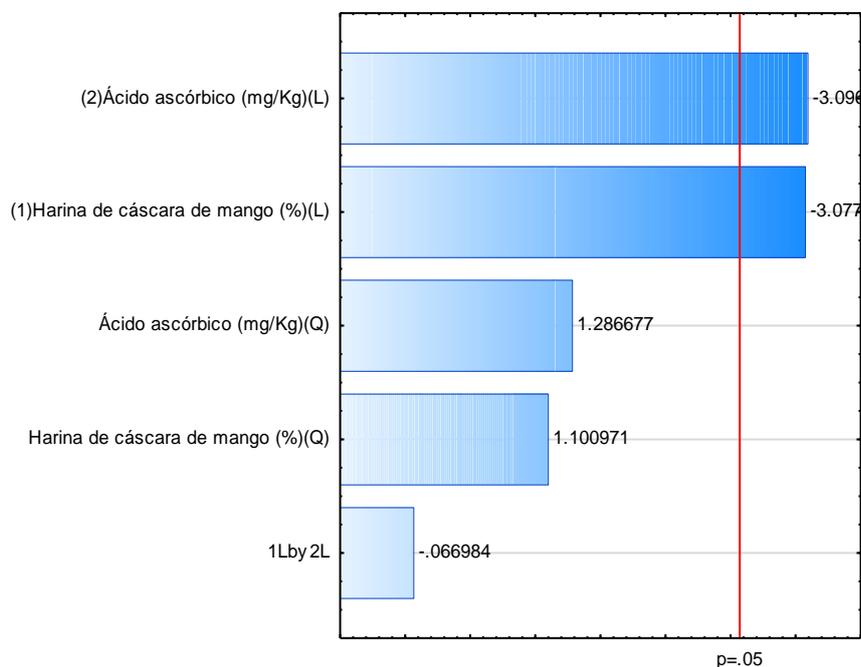


Figura 64. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta proteína.

La tabla 31 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta proteína; considerando solamente los términos significativos, donde se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal).

Por tanto, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es mayor a 70%; podemos establecer una ecuación de modelo ajustado codificado (ecuación 4) que relaciona la proteína del pan de molde en función de las concentraciones de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico.

Tabla 31. Análisis de varianza para la respuesta proteína del pan de molde.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.05)
Regresión	0.96	2	0.48		
Residuos	0.36	8	0.05	9.6	4.46
Total	1.32	10	0.13		

Fuente: Statistica v. 12.0

$$\text{Proteína} = 10.70 - 0.49x_1 - 0.49 x_2 \dots(4)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

x_2 =Ácido ascórbico.

La ecuación 4 está representada gráficamente en la superficie de respuesta mostrada en la figura 64.

La superficie de respuesta indica que se obtendrán porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32ppm de ácido ascórbico.

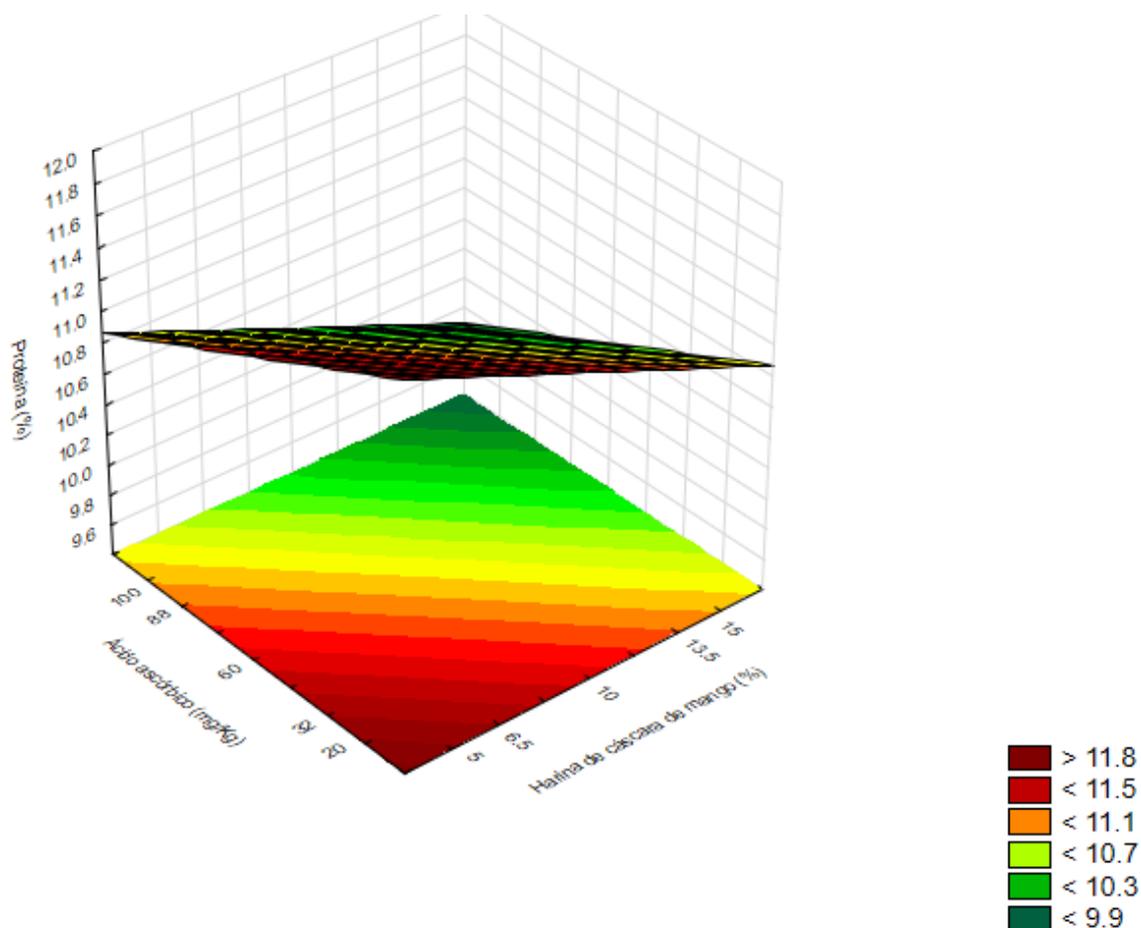


Figura 65. Superficies de respuesta para la proteína de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

B. Grasa.

La tabla 32 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable grasa del pan de molde.

Como se puede observar en la tabla 32, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de grasa entre 8.15 (Formulación 6) y 10.03 (Formulación 9); valores mínimos y máximo respectivamente.

Tabla 32. Grasa del pan de molde.

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Grasa (%)
1	-1.00	-1.00	9.48
2	1.00	-1.00	9.78
3	-1.00	1.00	9.19
4	1.00	1.00	9.4
5	-1.41	0	9.48
6	1.41	0	8.15
7	0	-1.41	8.9
8	0	1.41	8.97
9	0	0	10.03
10	0	0	9.5
11	0	0	9.07
Patrón	-	-	6.33

Fuente: Anexo 5, Datos obtenidos del Informe de Ensayo N° 2614-16 de Laboratorio COLECBI SAC

Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta grasa, presentados en la tabla 32. Analizando la tabla 33 se observa que ningún término de las variables en estudio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 65); por tanto no se puede concluir en un modelo matemático y no se puede establecer una superficie de respuesta.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la grasa, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel

de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Tabla 33. Coeficientes de regresión para respuesta grasa de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	10.01	0.31	31.87	<0.0001
x₁ (L)	-0.34	0.38	-0.89	0.4137
x₁ (Q)	-0.90	0.46	-1.97	0.1061
x₂ (L)	-0.14	0.38	-0.37	0.7257
x₂ (Q)	-0.78	0.46	-1.71	0.1486
x₁ x x₂	-0.05	0.54	-0.08	0.9373

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

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

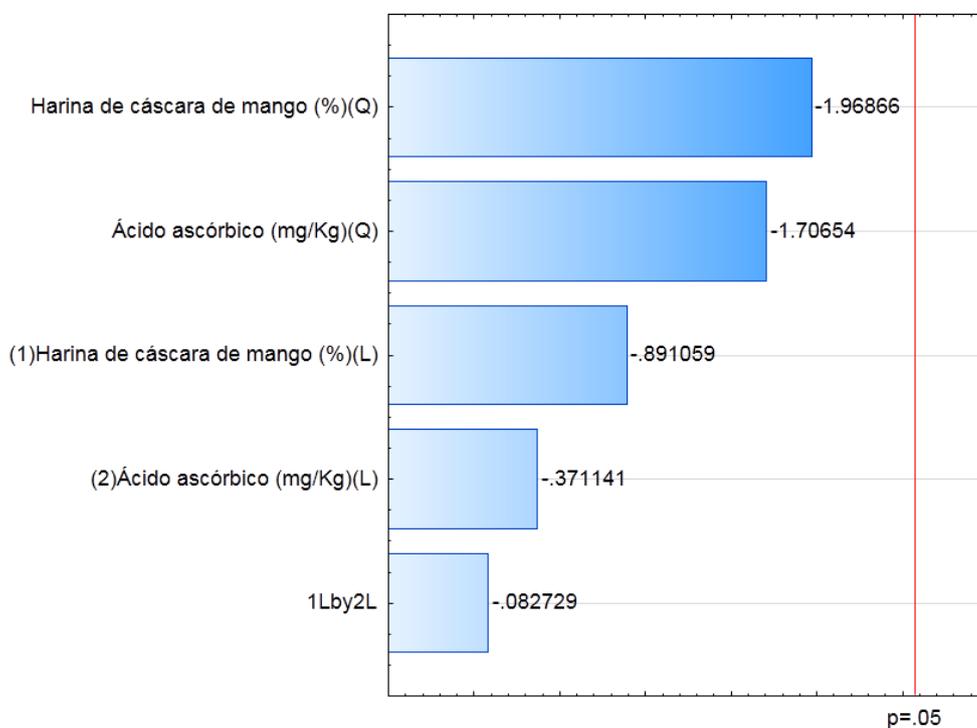


Figura 66. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta grasa.

C. Humedad.

La tabla 34 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable humedad del pan de molde.

Como se puede observar en la tabla 34, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de volumen específico entre 31.75 (Formulación 1) y 39.41 (Formulación 4); valores mínimos y máximo respectivamente.

Tabla 34. Humedad del pan de molde.

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Humedad (%)
1	-1.00	-1.00	31.75
2	1.00	-1.00	38.61
3	-1.00	1.00	32.99
4	1.00	1.00	39.41
5	-1.41	0	31.82
6	1.41	0	36.35
7	0	-1.41	33.54
8	0	1.41	34.04
9	0	0	36.2
10	0	0	35.05
11	0	0	35.5
Patrón	-	-	30.35

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Microbiología y Toxicología – DAA UNS

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 35); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 67).

Solo el término de harina de cáscara de mango fue altamente significativo.

Tabla 35. Coeficientes de regresión para respuesta humedad de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	35.58	0.93	38.31	<0.0001
x₁ (L)	4.92	1.14	4.33	0.0075
x₁ (Q)	-0.62	1.35	-0.46	0.6652
x₂ (L)	0.69	1.14	0.60	0.5724
x₂ (Q)	-0.92	1.35	-0.68	0.5283
x₁ x x₂	-0.22	1.61	-0.14	0.8966

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **79.701%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 34, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **75.982%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

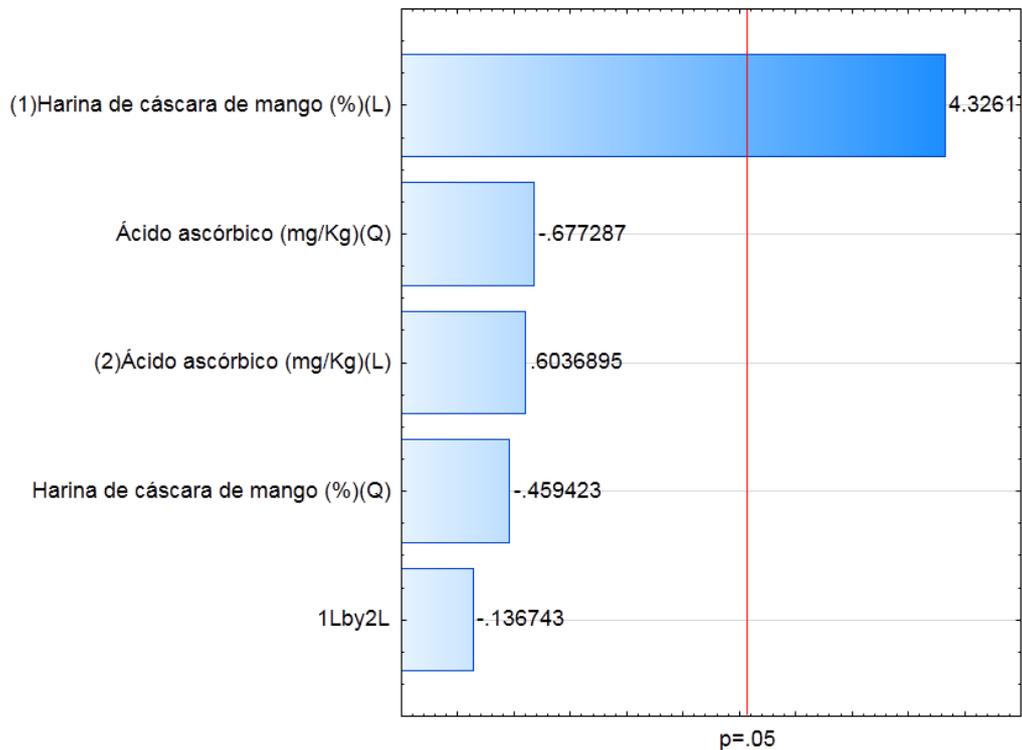


Figura 67. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta humedad.

La tabla 36 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta humedad; considerando solamente los términos significativos, donde se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal).

Por tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es mayor a 70%; podemos establecer una ecuación de modelo ajustado codificado (**ecuación 5**) que relaciona la humedad del pan de molde en función de las concentraciones de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico.

Tabla 36. Análisis de varianza para la respuesta humedad del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	48.46	1	48.46		
Residuos	15.31	9	1.70	28.51	5.12
Total	63.76	10	6.38		

$$\text{Humedad} = 35.58 - 4.92 x_1 \dots(5)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

La ecuación 5 está representada gráficamente en la superficie de respuesta mostrada en la figura 68.

La superficie de respuesta indica que se obtendrán porcentajes de humedad mayores a 38%; cuando se adicione concentraciones de 13.5 a 15%. La superficie de respuesta también indica que el ácido ascórbico no tiene influencia estadística en la respuesta en estudio.

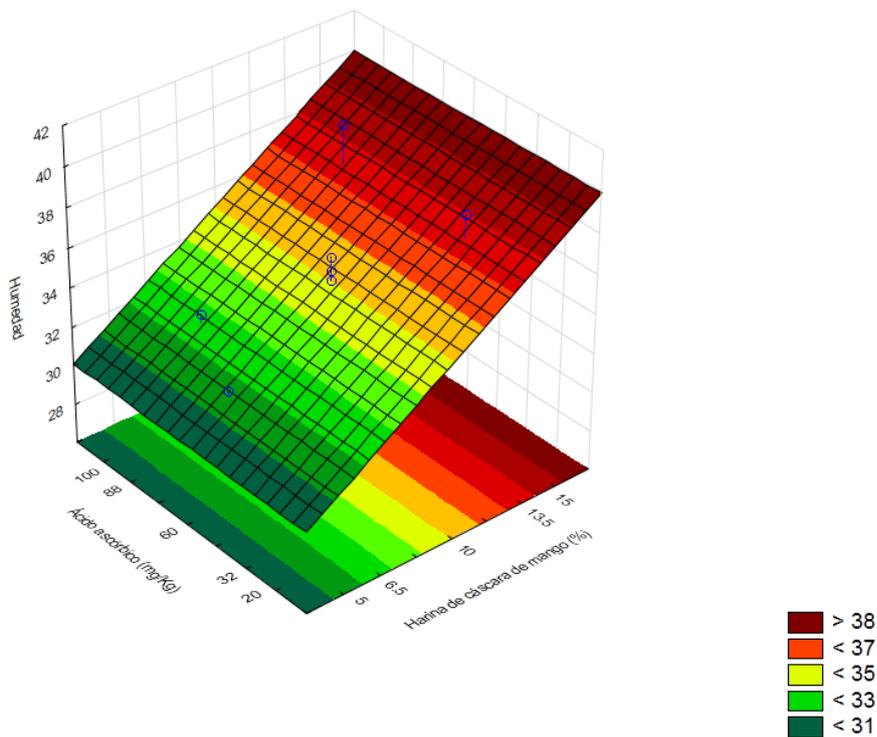


Figura 68. Superficies de respuesta para la humedad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

D. Cenizas.

La tabla 37 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable ceniza del pan de molde.

Como se puede observar en la tabla 37, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de ceniza entre 2.19 (Formulación 2) y 3.29 (Formulación 6); valores mínimos y máximo respectivamente.

Tabla 37. Ceniza del pan de molde.

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Ceniza (%)
1	-1.00	-1.00	2.57
2	1.00	-1.00	2.19
3	-1.00	1.00	3.07
4	1.00	1.00	2.34
5	-1.41	0	2.54
6	1.41	0	3.29
7	0	-1.41	3.18
8	0	1.41	3.14
9	0	0	3.13
10	0	0	3.1
11	0	0	3.08
Patrón	-	-	2.05

Fuente: Datos obtenidos del Laboratorio de Microbiología y Toxicología – DAA UNS

Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la correcta realización del proceso de elaboración.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta ceniza, presentados en la tabla 38. Analizando la tabla 38 se observa que ningún término de las variables en estudio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 16); por tanto no se puede concluir en un modelo matemático y no se puede establecer una superficie de respuesta.

El coeficiente de determinación para el modelo completo es de 23.406%.

Tabla 38. Coeficientes de regresión para respuesta ceniza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	3.10	0.28	11.24	<0.0001
x₁ (L)	-0.01	0.34	-0.04	0.9723
x₁ (Q)	-0.44	0.40	-1.08	0.3282
x₂ (L)	0.15	0.34	0.44	0.6791
x₂ (Q)	-0.19	0.40	-0.47	0.6553
x₁ x x₂	-0.18	0.48	-0.37	0.7293

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

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

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para las cenizas, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final. Esto se puede observar en la figura 68.

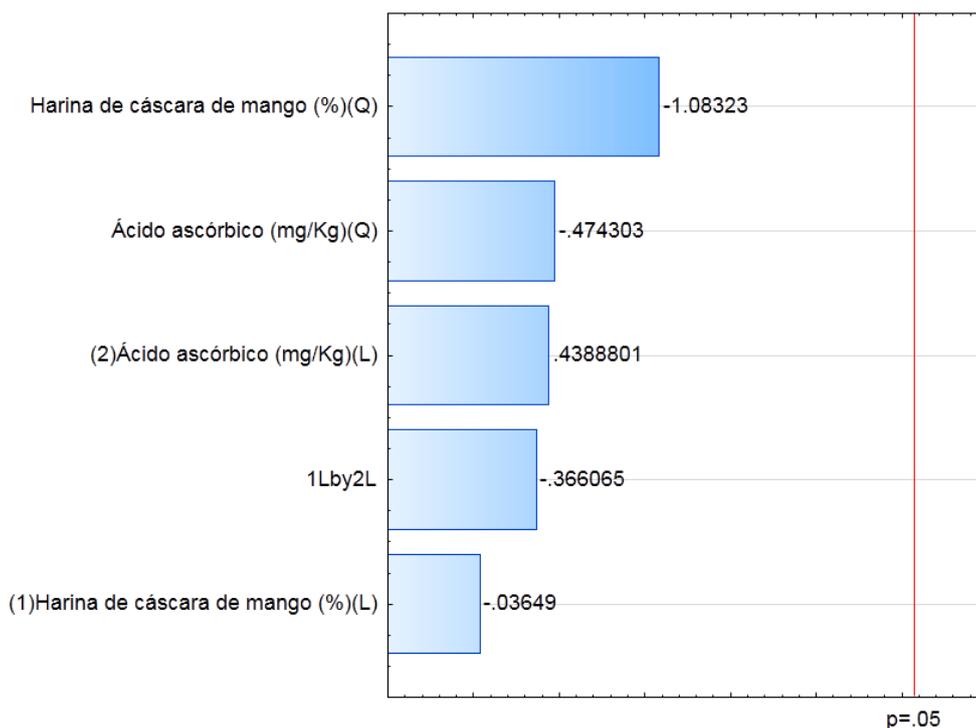


Figura 69. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ceniza del pan de molde.

Según Vergara (2005), analizando la elaboración de pan con fibra de mango, encontró que la cantidad de proteínas bordea el 10.2%. Este valor es menor todas las formulaciones, dado que el rango de proteínas obtenidas está entre 10.34% y 11.62%.

La superficie de respuesta indica que se obtendrán porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32 ppm de ácido ascórbico.

El pan de molde blanco, según norma del INS (2009), indica que el pan de molde blanco debe tener mínimo 6.8% de proteínas y para esta investigación se obtuvo 12% de proteínas para el pan.

El caso del contenido de grasa de los panes de molde si es bueno destacar, dado que los intervalos obtenidos están entre 8.15% y 10.03%, en comparación con el pan de molde blanco, que indica 6.33%.

Estos valores tienen su asidero en el alto contenido de grasa que ya contenía la HCM y que fue reportado en la Tabla 8.

Según Vergara (2005), analizando la elaboración de pan con fibra de mango, encontró que la cantidad de grasa bordea el 11.2%. Este valor es menor a todas las formulaciones, dado que el rango de proteínas obtenidas está entre 8.15% y 10.03%.

La cantidad de humedad de los panes de molde obtenidos están entre 31.75% y 39.41%. La de pan de molde blanco está en 30.35%. Si revisamos la del INS (2009), nos da 20.8% para el pan blanco.

Estos valores son altos comparados con los reportados por Vergara (2005), quien para el pan con fibra de mango obtiene 26.0%. Este mismo autor obtiene para el pan con germen de trigo un valor de 31.5%, el cual es un valor que se acerca más a los datos obtenidos experimentalmente.

Normalmente las fibras tienen un alto valor de CRA (capacidad de Retención de agua) que para la HCM se obtuvo un valor de 11.089 g H₂O/g sólido seco y eso se pudo demostrar durante el agregado de agua en la formulación de pan de molde, donde dependiendo del %HCM se tuvo que agregar hasta 100 ml de agua por encima de lo estipulado.

El valor de las cenizas obtenidos están en el rango de 2.19% y 3.29% y según Vergara (2005) obtuvo 3.9% para el pan con fibra de mango. Según el INS (2009), el pan de molde blanco debe tener 0.7% de cenizas, pero el T12 (100% de HT) obtuvo 2.05%.

El contenido de cenizas no fue afectado significativamente por los %HCM y de los %AA, es decir no necesariamente un aumento en el %HCM en la formulación implica un aumento en el % Cenizas.

4.4.6. Evaluación sensorial de los panes de molde

La tabla 39 muestra las respuestas obtenidas en el análisis sensorial de los ensayos del diseño experimental.

Tabla 39. Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Color	Apariencia	Aroma	Textura	Sabor	% de Intención de compra
1	-1.00	-1.00	5.50	5.69	5.78	5.81	4.91	53.20
2	1.00	-1.00	4.78	5.06	6.00	5.06	4.38	49.40
3	-1.00	1.00	6.22	6.28	6.22	6.31	6.03	71.80
4	1.00	1.00	5.13	5.25	5.97	5.69	5.16	57.60
5	-1.41	0	6.53	6.63	6.34	6.78	6.59	80.60
6	1.41	0	4.13	4.28	5.00	4.97	4.28	46.80
7	0	-1.41	5.44	5.50	5.81	5.66	5.50	60.00
8	0	1.41	5.50	5.59	6.00	5.88	5.59	63.80
9	0	0	6.26	5.92	5.95	6.10	6.28	67.00
10	0	0	6.25	5.84	5.81	6.00	6.22	66.80
11	0	0	6.28	6.10	6.10	6.20	6.31	68.00
Patrón	-	-	7.69	7.66	7.16	7.75	7.34	89.40

Fuente: Datos obtenidos del Anexo 6, datos tabulados para el análisis sensorial de los panes de molde

A. Color del pan de molde.

De forma general los valores reportados para el color del pan de molde presentan un rango de 4.13 a 6.53 (tabla 38)

La tabla 40 muestra al ensayo 5 (5% de harina de cáscara de mango, 60 ppm de ácido ascórbico) como el que goza de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 40. Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	6.26	0.17	36.76	<0.0001
x₁ (L)	-1.30	0.21	-6.23	0.0016
x₁ (Q)	-0.93	0.25	-3.74	0.0134
x₂ (L)	0.29	0.21	1.38	0.2251
x₂ (Q)	-0.79	0.25	-3.18	0.0246
x₁ x x₂	-0.19	0.29	-0.63	0.5583

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

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta color de los panes de molde, tabla 41 y figura 69. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo (p<0.05) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, y el término lineal de harina de cáscara de mango; el cual fue altamente significativo.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **92.296%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **88.742%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

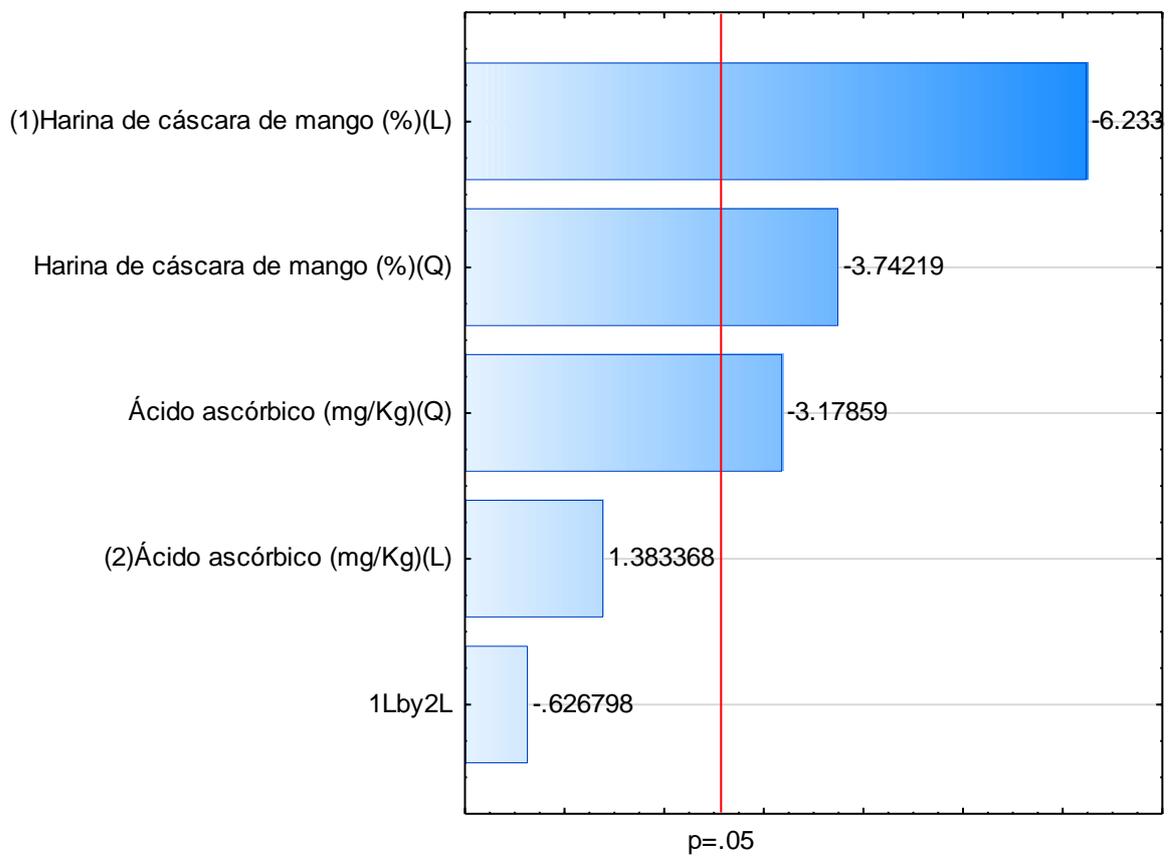


Figura 70. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.

Tabla 41 . Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	5.01	3	1.67		
Residuos	0.64	7	0.09	18.6	4.35
Total	5.65	10	0.57		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 41, se observa que el modelo que describe la respuesta color en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{calculado}/F_{tabulado}$ fue de 4.28, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 6, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Color} = y = 6.26 - 1.30x_1 - 0.93x_1^2 - 0.79x_2^2 \dots (6)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

x_2 =Ácido ascórbico.

La figura 71 muestra la superficie de respuesta obtenida para el color sensorial del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la maximización del color sensorial, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación a nivel sensorial.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (6), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = -1.30 - 1.86x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.69$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = -1.58x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en la Tabla 2 de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en el cuadro que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

Tabla 42. Determinación de valores reales para x_1 (HCM) e x_2 (AA)

Variables independientes	Niveles					
	$-\alpha$	-1	-0.69	0	+1	$+\alpha$
% harina cáscara mango	5	6.5	a	10	13.5	15
mg/kg ácido ascórbico	20	32	60	88	100	

Dado que el valor codificado de x_1 es -0.69 , se obtiene como valor real $a=7.6\%$ de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado x_2 ; se obtiene 60ppm de ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro color será cuando se adicione 7.6% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la superficie de respuesta, pero sin mucha precisión.

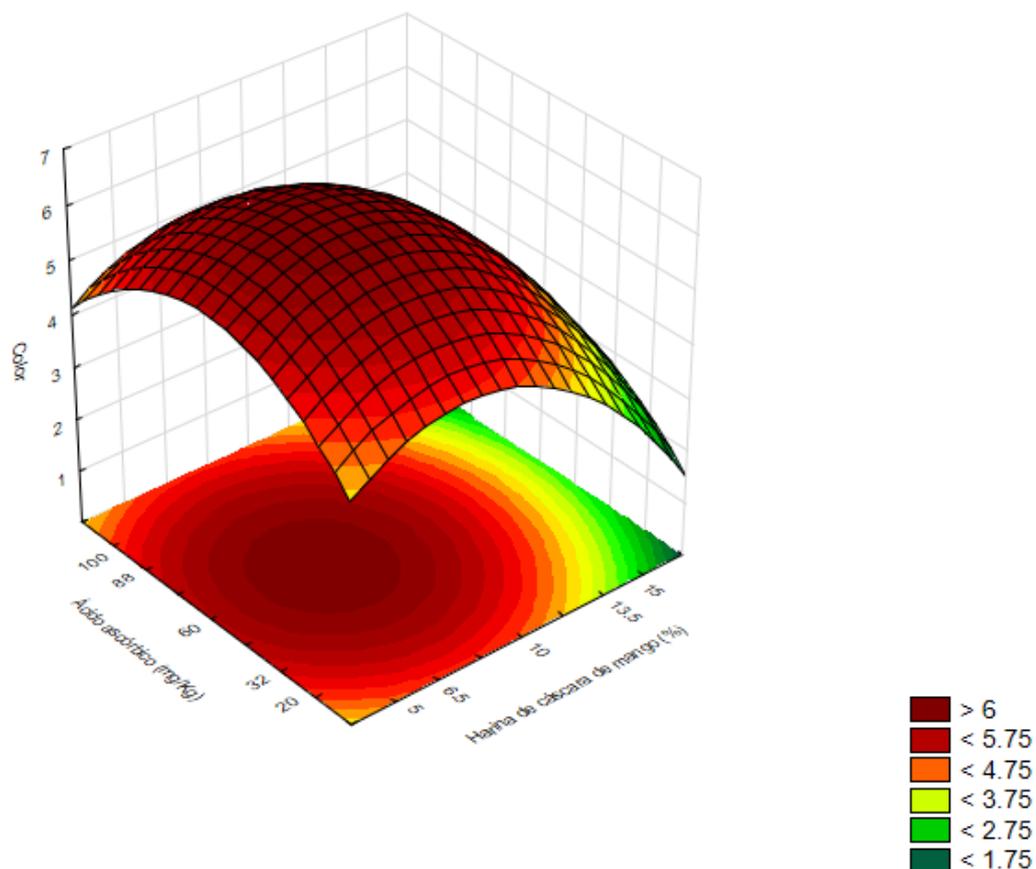


Figura 71. Superficies de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

B. Apariencia del pan de molde.

La Tabla 39 muestra los resultados de apariencia general para cada formulación del delineamiento experimental.

En la tabla 43 muestra a los ensayos 3 (6.5% de harina de cáscara de mango y 88 ppm de ácido ascórbico) y 5 (5% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta apariencia, tabla 43 y figura 72. Analizando estos efectos se observó que el único parámetro que tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de harina de cáscara de mango.

Tabla 43. Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	5.95	0.17	34.59	<0.0001
x₁ (L)	-1.25	0.21	-5.91	0.0019
x₁ (Q)	-0.46	0.25	-1.85	0.1241
x₂ (L)	0.23	0.21	1.08	0.3311
x₂ (Q)	-0.37	0.25	-1.49	0.1969
x₁ x x₂	-0.20	0.29	-0.67	0.5320

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **89.112%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 que se presenta para el modelo ajustado es de **76.058%**.

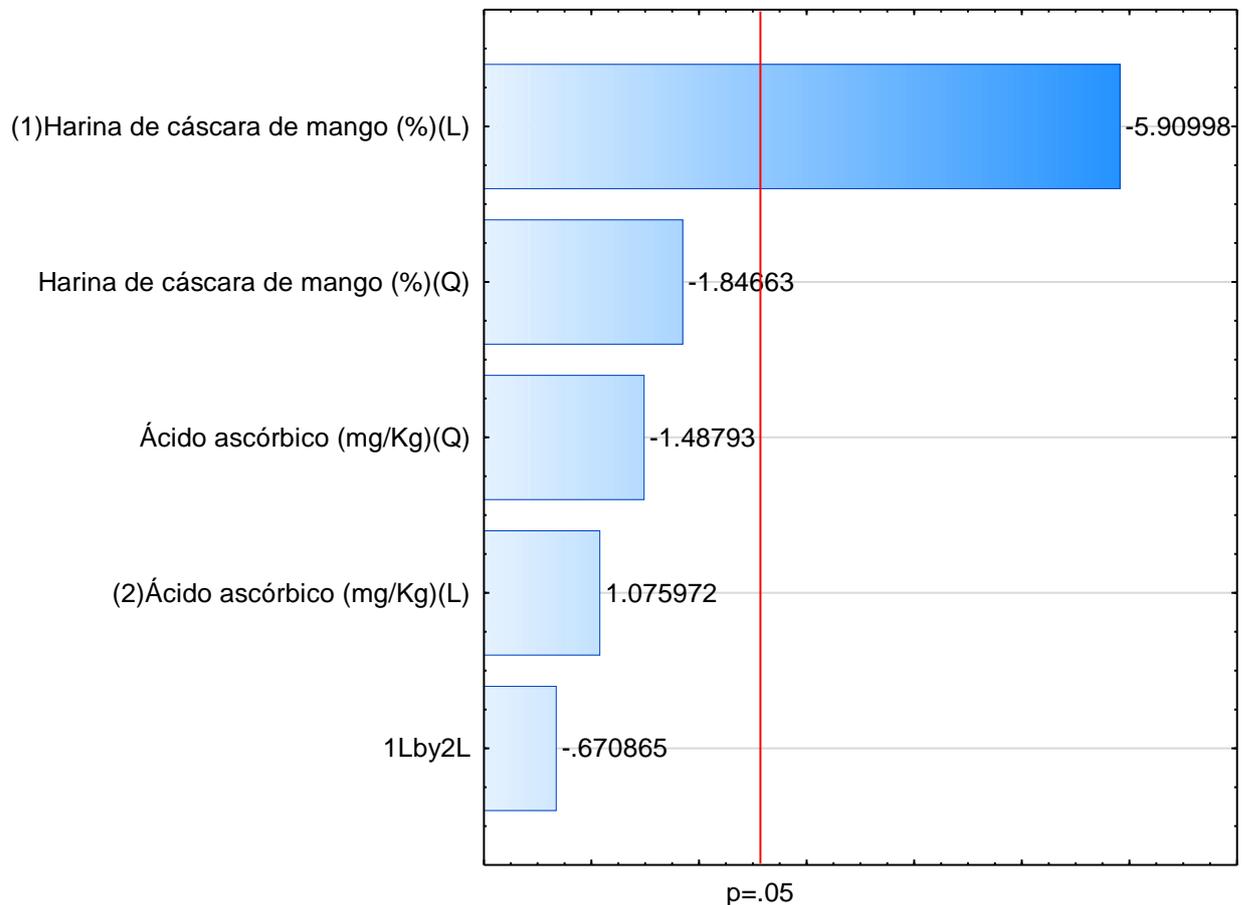


Figura 72. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 44, se observa que el modelo que describe la respuesta apariencia en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 5.51, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 44. Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	3.10	1	3.10		
Residuos	0.98	9	0.11	28.2	5.12
Total	4.08	10	0.41		

Fuente: Statistica v. 12.0

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo de variables codificadas representado en la ecuación 7, que muestra la posibilidad de la apariencia de la corteza de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango.

$$\text{Apariencia} = 5.95 - 1.25x_1 \dots\dots(7)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

Así mismo, es posible construir una superficie de respuesta para la apariencia en función de las variables independientes, la cual se presenta en la figura 72.

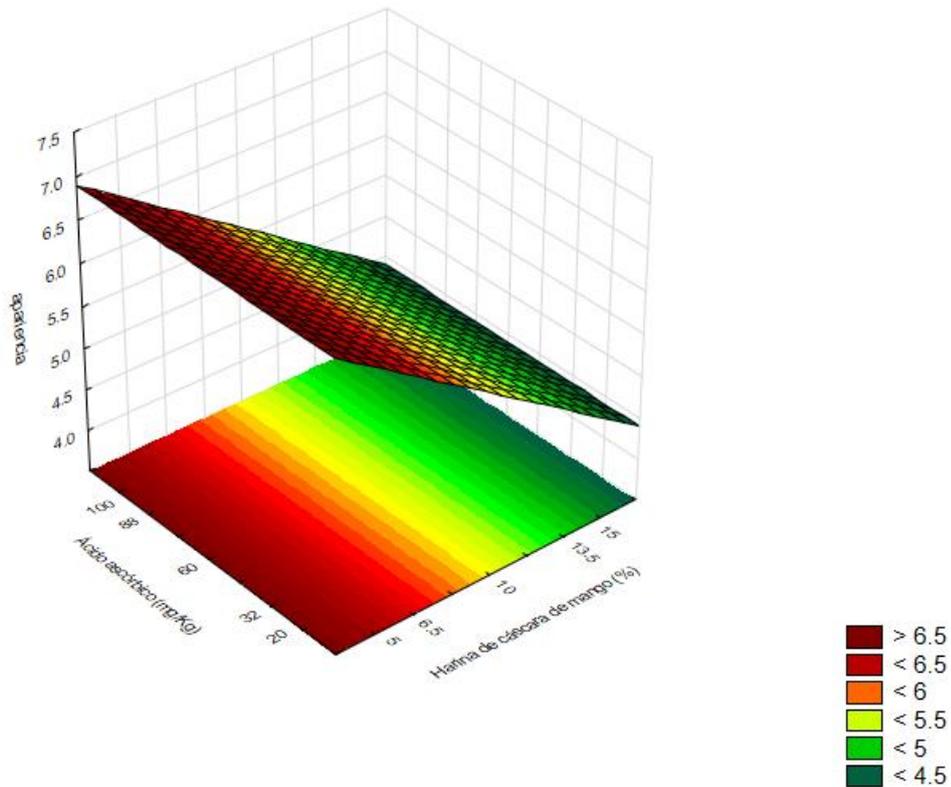


Figura 73. Superficies de respuesta para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

A través de la superficie de respuesta (figura 73) se puede verificar que el ácido ascórbico no tiene influencia estadísticamente significativa en la apariencia de los panes de molde. Por el contrario, la harina de cáscara de mango tuvo influencia significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5 % otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores 6.5, según de la escala hedónica establecida.

C. Aroma del pan de molde.

La tabla 39 muestra los resultados de aroma sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 39 muestra a los ensayos 3 (6.5% de harina de cáscara de mango y 88ppm de ácido ascórbico) y 5 (5% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta Aroma, presentados en la tabla 45. Analizando la tabla 45 se observa que ningún término de las variables en estudio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 21); por tanto no se puede concluir en un modelo matemático y no se puede establecer una superficie de respuesta.

Este comportamiento se debe a que el promedio de las puntuaciones realizada por los panelistas para cada formulación, en cuanto a la variable respuesta aroma, presento valores muy próximos entre sí; independientemente de la adición de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para el aroma, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

El coeficiente de determinación (r^2) para el modelo completo fue de 53.182%.

Tabla 45. Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	5.95	0.19	30.72	<0.0001
x₁ (L)	-0.48	0.24	-2.03	0.0984
x₁ (Q)	-0.18	0.28	-0.64	0.5503
x₂ (L)	0.17	0.24	0.71	0.5067
x₂ (Q)	0.05	0.28	0.19	0.8555
x₁ x x₂	-0.24	0.34	-0.70	0.5151

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

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

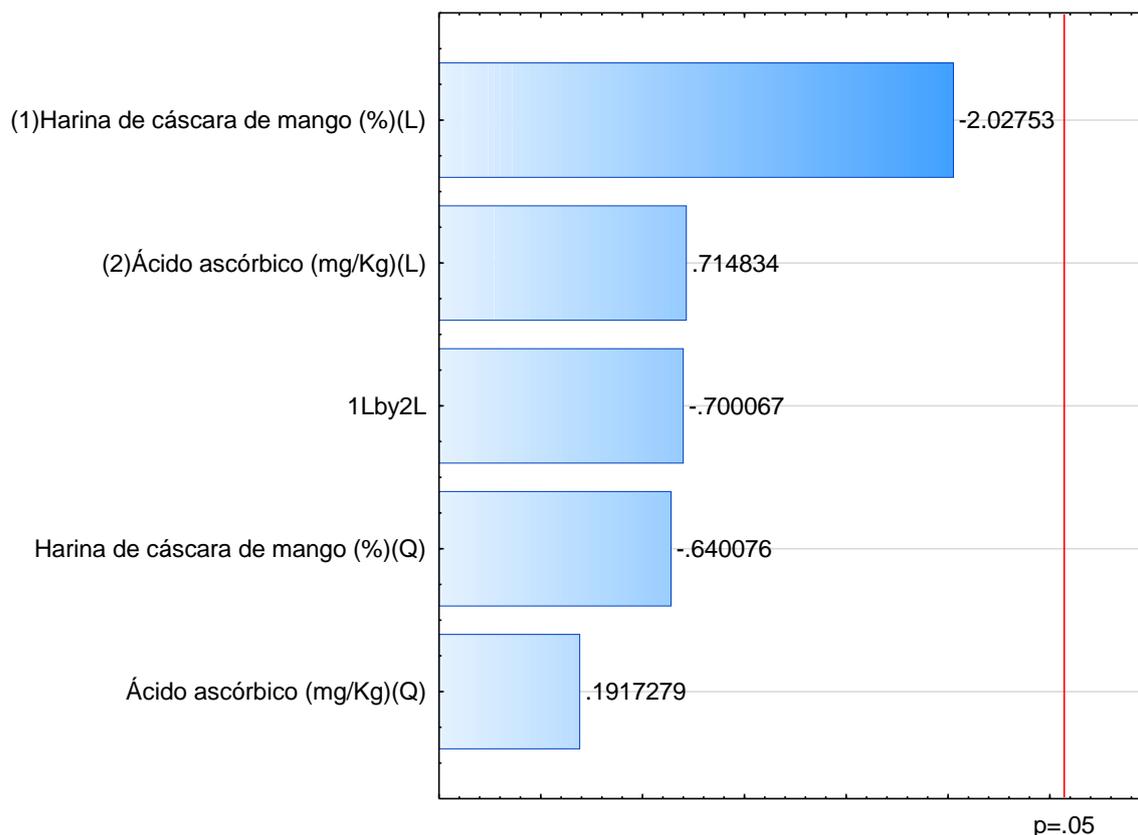


Figura 74. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.

D. Textura del pan de molde.

De forma general los valores reportados para la textura del pan de molde presentan un rango de 4.97 a 6.31 (tabla 38).

La tabla 38 muestra a los ensayos 3 (6.5% de harina de cáscara de mango y 88ppm de ácido ascórbico) y 5 (5% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta textura, tabla 46 y figura 75.

Analizando estos efectos se observó que los parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos lineales de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico.

Tabla 46. Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	6.10	0.14	42.93	<0.0001
x₁ (L)	-0.98	0.17	-5.65	0.0024
x₁ (Q)	-0.28	0.21	-1.34	0.2379
x₂ (L)	0.36	0.17	2.07	0.0932
x₂ (Q)	-0.38	0.21	-1.85	0.1241
x₁ x x₂	0.07	0.25	0.26	0.8022

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

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **88.971%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **79.762%**.

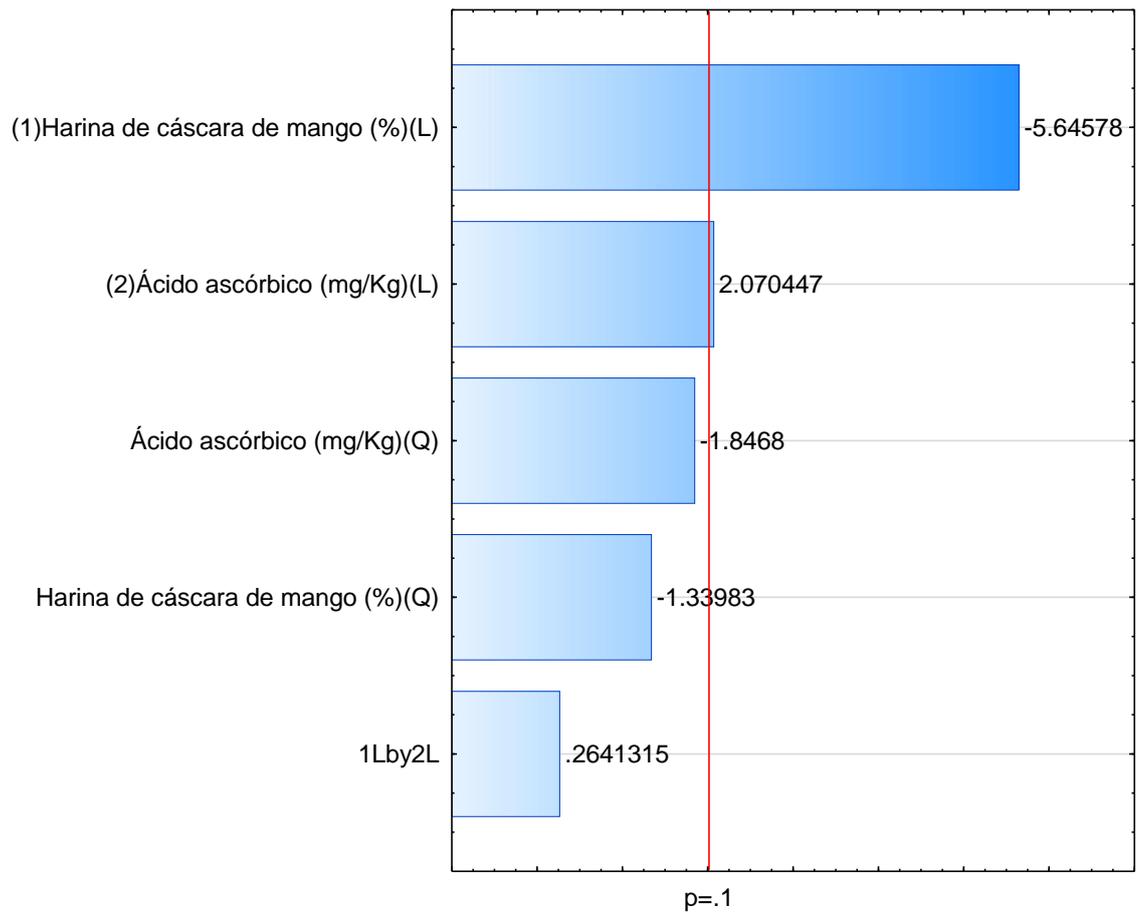


Figura 75. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura.

Tabla 47. Análisis de varianza para la respuesta textura del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.10)
Regresión	2.19	2	1.09		
Residuos	0.56	8	0.07	15.57	3.11
Total	2.75	10	0.28		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 47, se observa que el modelo que describe la respuesta textura en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 5, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 8, que muestra la posibilidad de la textura de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Textura} = 6.10 - 0.98x_1 + 0.36x_2 \dots\dots(8)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

x_2 =Ácido ascórbico.

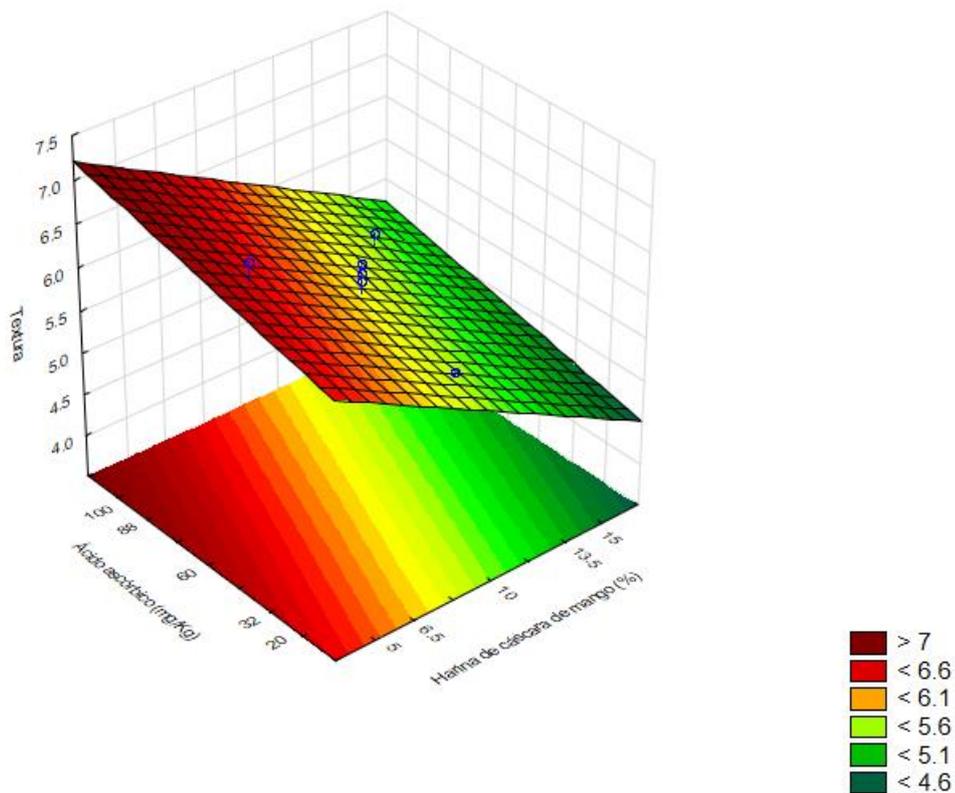


Figura 76. Superficies de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La figura 76 muestra la superficie de respuesta obtenida para la textura del pan de molde. De la figura se deduce que la adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5% y ácido ascórbico en un rango de 88 a 100ppm se obtendrá puntuaciones por encima del valor de 6.6 en cuanto a la variable respuesta textura.

E. Sabor del pan de molde.

De forma general los valores reportados para el sabor del pan de molde presentan un rango de 4.28 a 6.59 (tabla 39)

La tabla 39 muestra al ensayo 5 (5% de harina de cáscara de mango, 60ppm de ácido ascórbico) como el que goza de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta sabor de los panes de molde, tabla 48 y figura 77. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, y el término lineal de harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **82.753%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 48, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **74.295%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

Tabla 48. Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	6.27	0.27	23.09	<0.0001
x₁ (L)	-1.17	0.33	-3.51	0.0171
x₁ (Q)	-1.02	0.39	-2.58	0.0497
x₂ (L)	0.51	0.33	1.52	0.1881
x₂ (Q)	-0.91	0.39	-2.29	0.0699
x₁ x x₂	-0.17	0.47	-0.36	0.7326

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

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia ($p < 0.10$).

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 48, se observa que el modelo que describe la respuesta sabor en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el valor de $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 9, que muestra la posibilidad del sabor de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

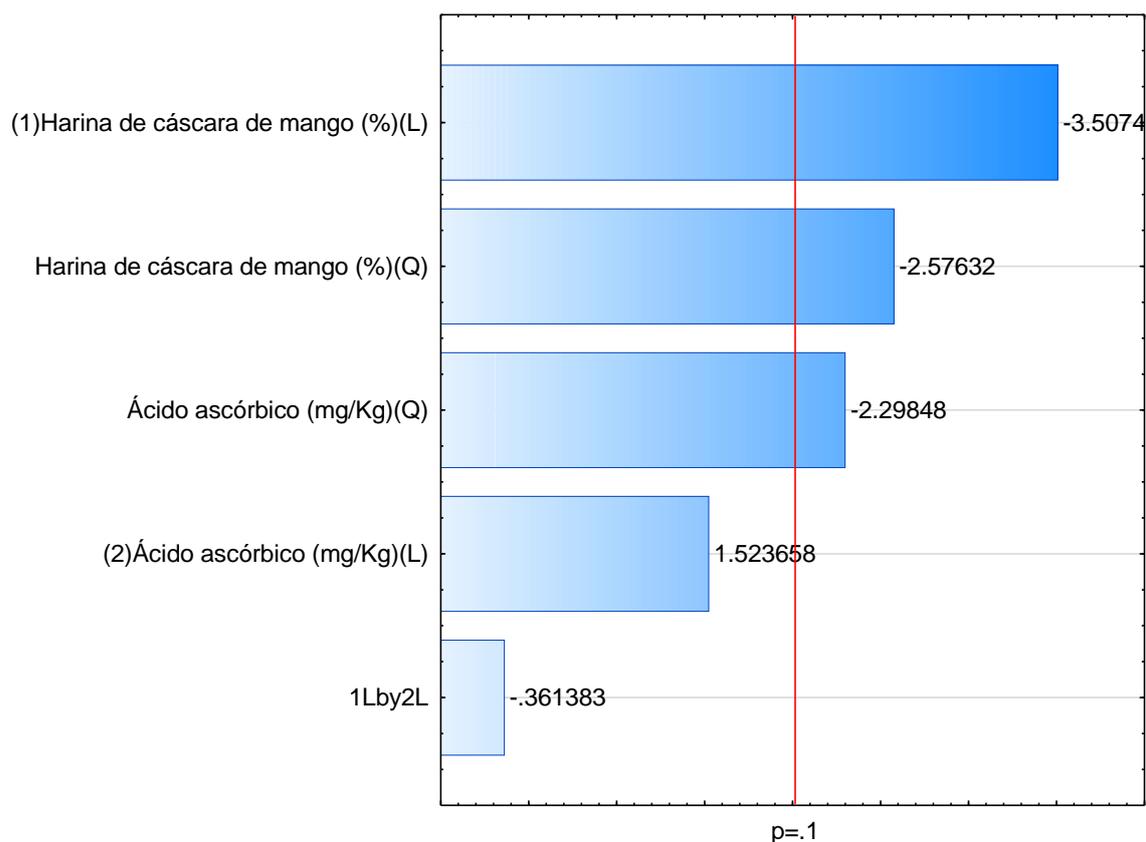


Figura 77. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor.

Tabla 49. Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.10)
Regresión	4.77	3	1.59		
Residuos	1.65	7	0.24	6.63	3.07
Total	6.42	10	0.64		

$$\text{Sabor } = y = 6.27 - 1.17x_1 - 1.02x_1^2 - 0.91x_2^2 \dots (9)$$

Donde:

x_1 = Harina de cáscara de mango.

x_2 = Ácido ascórbico.

La figura 78 muestra la superficie de respuesta obtenida para el sabor sensorial del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la maximización del color sensorial, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación a nivel sensorial en cuanto a este atributo.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (9), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = -1.17 - 2.04x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.57$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = -1.82x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en la Tabla 2 de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en la Tabla 49 que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

Tabla 50. Valores reales para x_1 (HCM) e x_2 (AA)

Variables independientes		Niveles					
		- α	-1	-0.57	0	+1	+ α
%	harina cáscara mango	5	6.5	a	10	13.5	15
mg/kg	ácido ascórbico	20	32	60		88	100

Dado que el valor codificado de x_1 es -0.57, se obtiene como valor real $a=8\%$ de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado x_2 ; se obtiene 60 ppm de ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro sabor será cuando se adicione 8% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 78, pero sin mucha precisión.

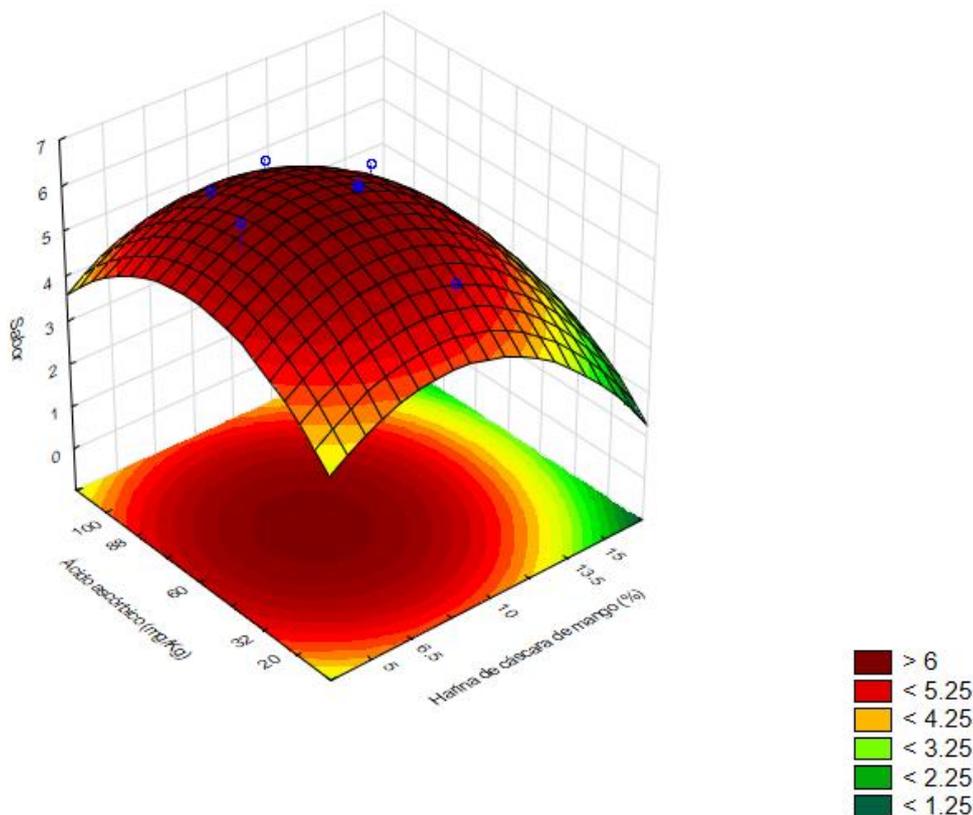


Figura 78. Superficies de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

Según los datos del Anexo 6, las formulaciones que tuvieron los más altos puntajes de los atributos de sabor, apariencia, aroma, textura y sabor fueron los T5 (con 4.13 de intención de compra), T11 (3.75) y T3 (3.59).

Usando la Statistica para evaluar los datos del análisis sensorial, se indica, por ejemplo, que para el caso del sabor para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro será cuando se adicione 8% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.

Para el caso de textura del pan de molde se deduce que la adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5% y ácido ascórbico en un rango de 88 a 100 ppm se obtendrá puntuaciones por encima del valor de 6.6, es decir alcanzables al pan de molde blanco que tuvo para textura una puntuación de 7.75.

Para el caso del color de los panes de molde las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro color será cuando

se adicione 7.6% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.

Por el contrario, para el caso de la apariencia, la harina de cáscara de mango tuvo influencia significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5 % otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores 6.5, según de la escala hedónica establecida, alcanzable al pan de molde blanco que obtuvo una puntuación de 7.66.

Para el caso del aroma, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Según Heenan et al. (2008), las características sensoriales de los panes de molde son de vital importancia para su aceptación por los consumidores y, consecuentemente, para su comercialización.

Es importante realizar el análisis sensorial después de 1 día de almacenamiento como máximo, dado que como dice Stauffer (2000), el volumen inicial de los panes va disminuyendo, la dureza también y existe pérdida de humedad con una retrogradación del almidón.

4.4.7. Perfil de textura para los panes de molde

La tabla 51, presenta los valores obtenidos del perfil de textura de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 51. Respuestas obtenidas del perfil de textura de los panes de molde

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Altura (mm)	Dureza (N)	Firmeza (N)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (mJ)
1	-1.00	-1.00	105	5.05	2.75	8.83	24.28
2	1.00	-1.00	80	7.22	3.74	8.07	30.17
3	-1.00	1.00	100	4.16	2.33	8.79	20.58
4	1.00	1.00	90	6.2	3.31	8.45	27.99
5	-1.41	0	95	3.51	2.22	8.85	19.64
6	1.41	0	70	6.82	3.95	9.15	36.19
7	0	-1.41	90	4.44	2.74	9.06	24.82
8	0	1.41	90	4.02	2.55	9.15	23.37
9	0	0	90	2.43	1.63	8.85	14.41
10	0	0	95	2.64	1.75	8.81	15.41
11	0	0	90	2.64	1.82	8.96	16.33
Patrón	-	-	100	2.81	1.83	8.89	16.30

Fuente: Anexo 7, Datos para obtener el Análisis Perfil de Textura de los panes de molde

A. Altura.

La **tabla 51** muestra el diseño experimental expresado en valores codificados; además de los resultados obtenidos de la variable altura.

Como se puede observar en la **Tabla 51**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de altura entre 70 (Formulación 6) y 105 (Formulación 1); valores mínimos y máximo respectivamente.

Tabla 52. Coeficientes de regresión para respuesta altura de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	91.67	2.97	30.86	<0.0001
x₁ (L)	-17.59	3.64	-4.84	0.0047
x₁ (Q)	-5.42	4.33	-1.25	0.2662
x₂ (L)	1.25	3.64	0.34	0.7451
x₂ (Q)	2.08	4.33	0.48	0.6507
x₁ x x₂	7.50	5.14	1.46	0.2046

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

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

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes (**tabla 52**) y los efectos significativos para la variable en estudio (**figura 79**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental y/o residuo); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de cáscara de mango (x₁) y ácido ascórbico (x₂).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%, es decir que los términos que tengan una probabilidad menor a 0.05 serán significativos. Por lo tanto se concluye que los términos significativos (ver tabla 51 y figura 79) en el estudio de la variable altura; fueron el término lineal de la harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r²); para el delineamiento experimental completo fue de **84.84%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo. Así mismo al excluir en el software STATISTICA v 13.1 los términos que no fueron significativos (p>0.10); el nuevo valor de

coeficiente de determinación para el delineamiento experimental es de **70.897%**. Lo que no indica un buen ajuste del modelo. Sin embargo solo para ver la tendencia de las variables en estudio se ha determinado la ecuación del modelo completo y su superficie de respuesta (figura 80).

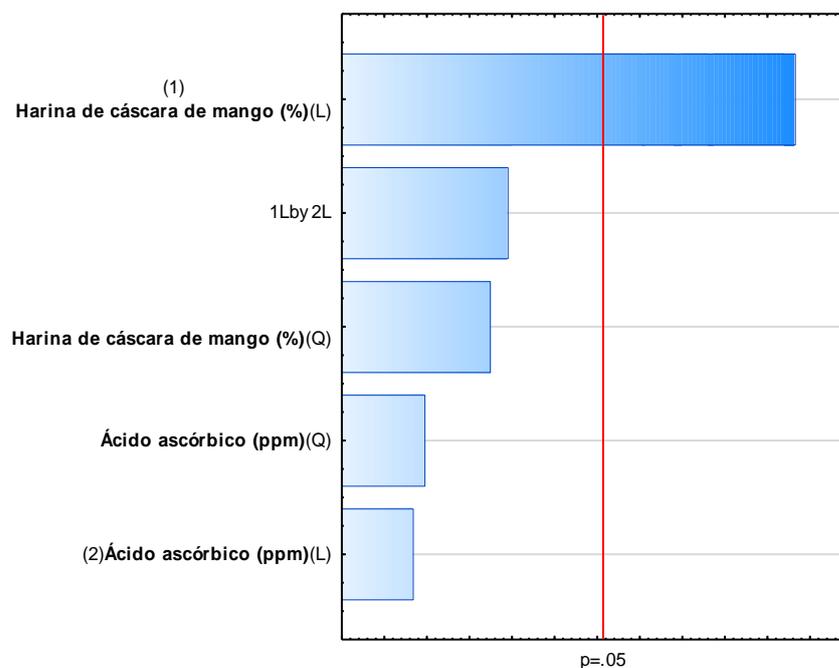


Figura 79. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta altura

Tabla 53. Análisis de varianza para la altura del pan de molde.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	618.33	1	618.33		
Residuos	253.99	9	28.22	21.91	5.12
Total	872.72	10	82.272		

Fuente: Statistica v. 12.0

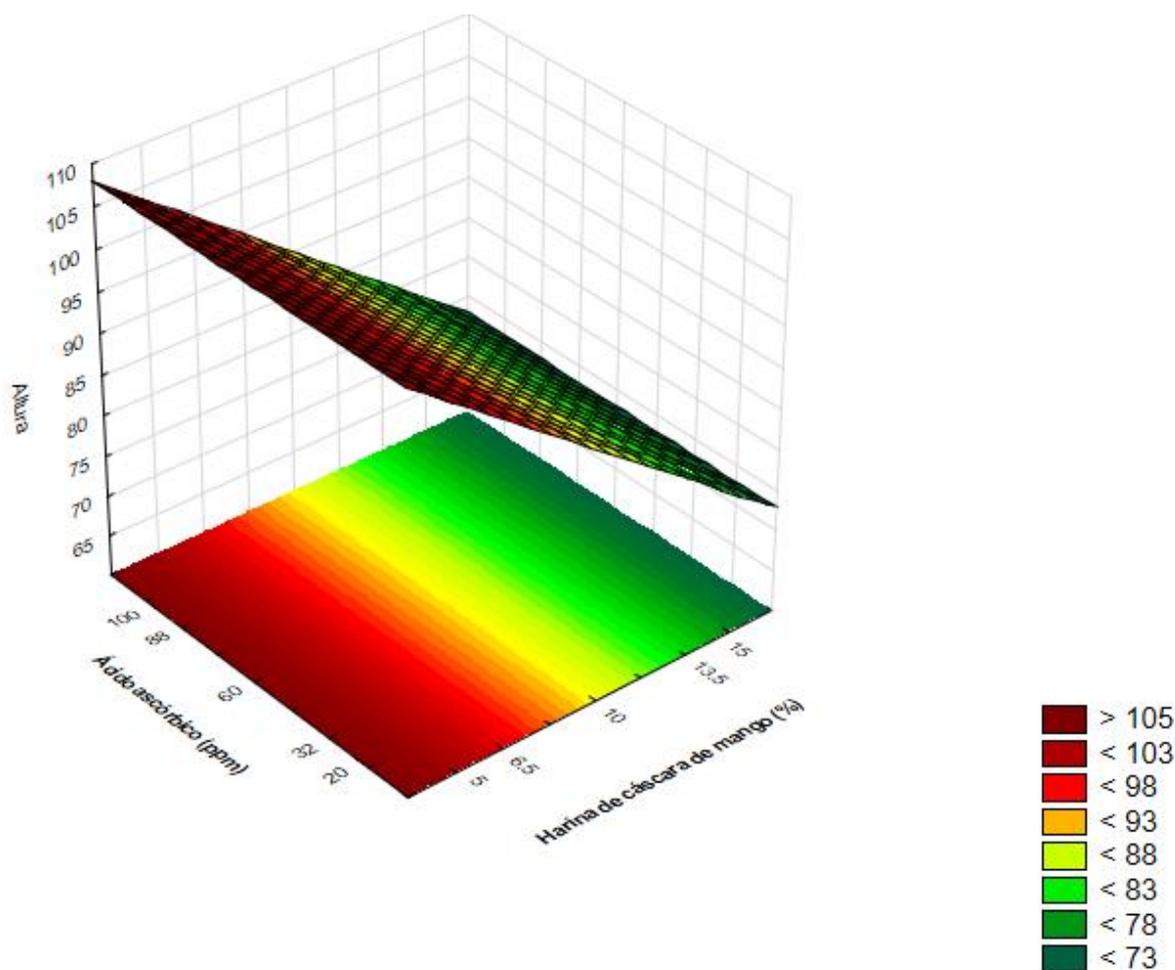


Figura 80. Superficies de respuesta para la altura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La superficie de respuesta de la figura 80 nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 6.5% se obtienen valores menores a 103 mm en los panes de molde.

Según El-Dash et al. (1982), la altura de los panes con harina de arroz integral osciló entre 91 a 133 mm, también con su valor máximo muy cercano al del pan 100% harina de trigo (135 mm).

B. Dureza.

De forma general los valores reportados para la dureza del pan de molde presentan un rango de 2.43 a 6.82 (tabla 51)

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta dureza de los panes de molde, tabla 54 y figura 81. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, y el término lineal de harina de cáscara de mango.

Tabla 54. Coeficientes de regresión para respuesta dureza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t (7)	p-valor*
Media	2.57	0.38	6.84	<0.0001
x₁ (L)	2.22	0.46	4.83	0.0048
x₁ (Q)	3.08	0.55	5.62	0.0025
x₂ (L)	-0.63	0.46	-1.36	0.2318
x₂ (Q)	2.14	0.55	3.91	0.0113
x₁ x x₂	-0.07	0.65	-0.09	0.9243

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

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

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **92.571%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 52, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **89.806%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

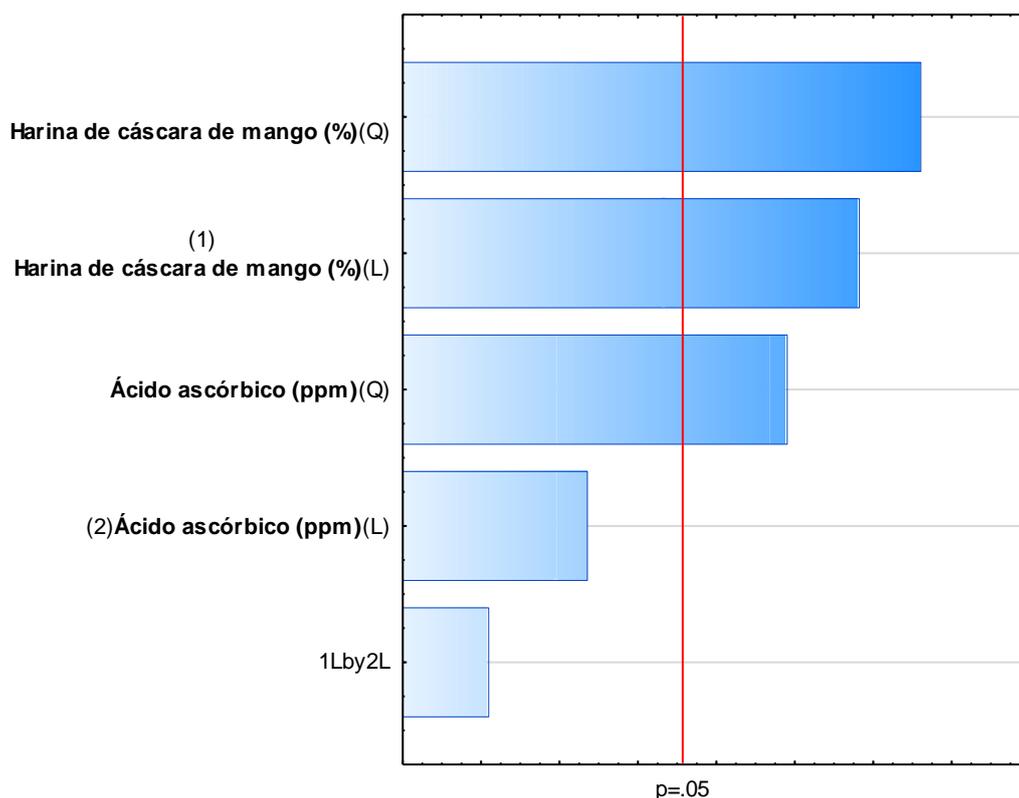


Figura 81. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta dureza

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 54, se observa que el modelo que describe la respuesta dureza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el valor de $F_{\text{calculado}}$ es mayor al F_{tabulado} , permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 10, que muestra la posibilidad del sabor de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

Tabla 55. Análisis de varianza para la dureza del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	25.59	3	8.53		
Residuos	2.90	7	0.41	20.80	4.35
Total	28.49	10	28.49		

$$\text{Dureza}=y= 2.57 +2.22x_1+3.08x_1^2+2.14x_2^2 \dots(10)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

x_2 =Ácido ascórbico.

La figura 82 muestra la superficie de respuesta obtenida para la dureza del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización del de la dureza, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación a nivel sensorial en cuanto a este atributo.

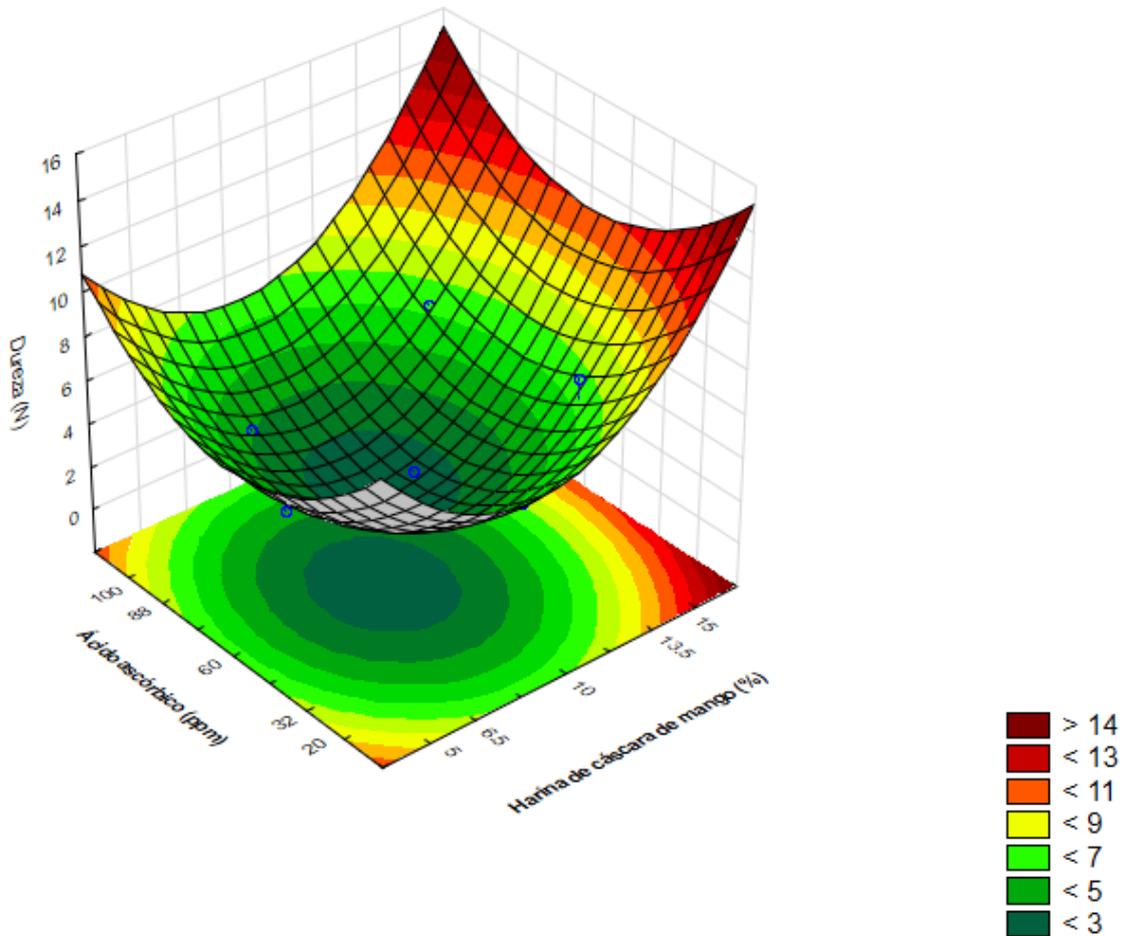


Figura 82. Superficies de respuesta para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (10), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 2.22 + 6.16x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.36$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 4.28x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en la Tabla 2 de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en Tabla 54 que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

Tabla 56. Valores reales de x_1 (HCM) e x_2 (AA)

Variables independientes		Niveles					
		$-\alpha$	-1	-0.36	0	+1	$+\alpha$
%	harina cáscara mango	5	6.5	a	10	13.5	15
mg/kg	ácido ascórbico	20	32	60		88	100

Dado que el valor codificado de x_1 es -0.57, se obtiene como valor real $a=8.7\%$ de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado x_2 ; se obtiene 60ppm de ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de dureza en los panes de molde será cuando se adicione 8.7% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 81, pero sin mucha precisión.

De acuerdo al porcentaje de sustitución de HCM para la elaboración de los panes, Bajaña (2015) indica que un aumento en la unidad significa un incremento en la fuerza para la deformación del pan; esto se debe a que la harina de cascara de mango no contiene gluten, dando como resultado un pan de masa dura.

La dureza se define como la fuerza que tiene que hacer la prensa en la primera etapa de deformación (Rizzello et al., 2014). El porcentaje de sustitución y el tipo de sustituto también tienen un efecto significativo en la dureza con un 95 % de nivel de confianza. Los tratamientos que tienen menor capacidad de

retener gases, son las que presentan mayores valores de dureza, por ejemplo T2 (7.22 N), T6 (6.82 N) y T4 (6.02 N).

Pero existen tratamiento con valores de dureza menores al patrón (T12, 2.81 N), esta son los tratamientos T9 (2.43 N), T10 (2.64 N) y T11 (2.64 N). Esto puede explicarse por el 10% de HCM con que actúan los tres en la formulación y por el contenido de grasa que amerita estos contenidos.

C. Firmeza.

De forma general los valores reportados para la firmeza del pan de molde presentan un rango de 1.63 a 3.95 (tabla 51)

Tabla 57. Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(6)	p-valor*
Media	1.73	0.09	17.67	<0.0001
x₁ (L)	1.10	0.12	9.19	0.0003
x₁ (Q)	1.44	0.14	10.04	0.0002
x₂ (L)	-0.28	0.12	-2.32	0.0677
x₂ (Q)	0.99	0.14	6.96	0.0009
x₁ x x₂	-0.01	0.17	-0.04	0.9732

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

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta firmeza de los panes de molde, tabla 57 y figura 82. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto

significativo ($p < 0.05$) fueron los términos cuadráticos y lineales de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **97.655%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **97.655%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

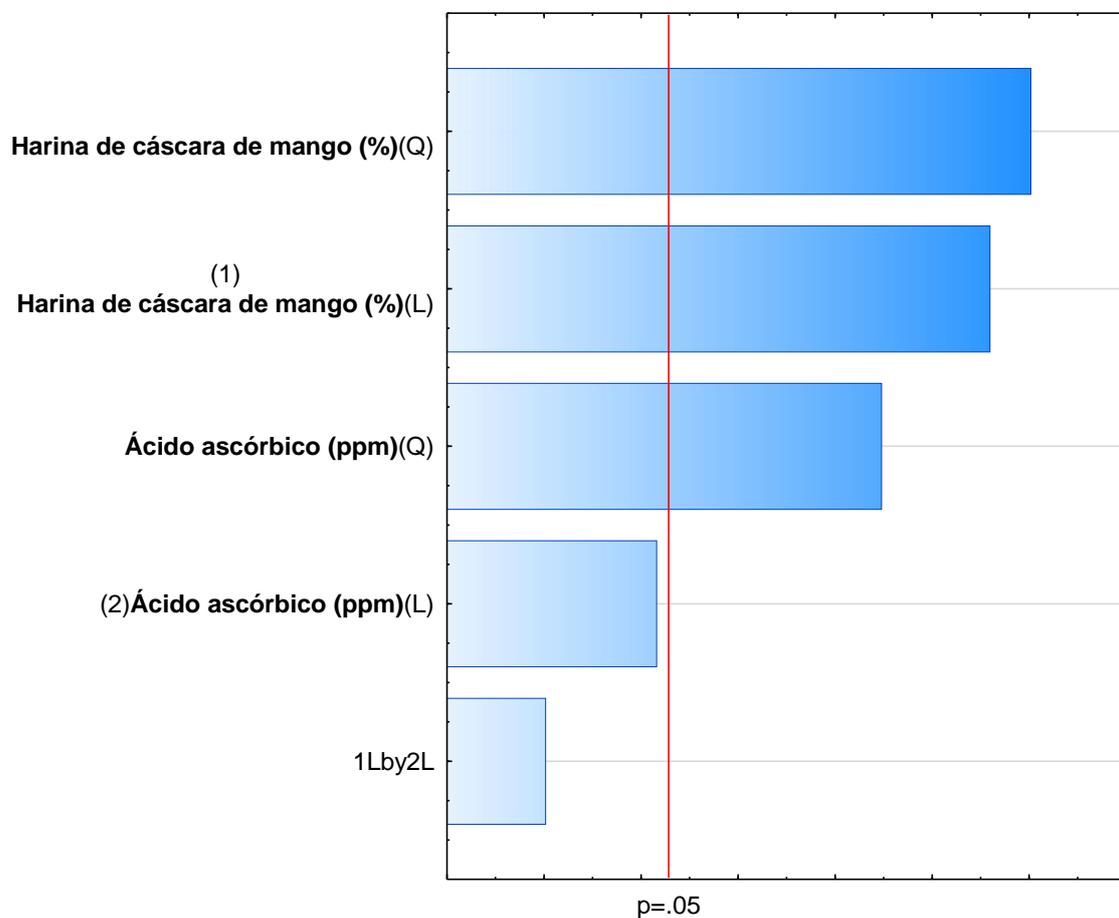


Figura 83. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Firmeza

Tabla 58. Análisis de varianza para la firmeza del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6;0.05)
Regresión	6.02	4	1.51		
Residuos	0.14	6	0.02	75.5	4.53
Total	6.16	10	0.62		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 58, se observa que el modelo que describe la respuesta firmeza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{calculado}/F_{tabulado}$ fue de 16.67, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 11, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Firmeza} = y = 1.73 + 1.10x_1 + 1.44x_1^2 - 0.28x_2 + 0.99x_2^2 \dots (11)$$

Donde:

x_1 = Harina de cáscara de mango.

x_2 = Ácido ascórbico.

La figura 84 muestra la superficie de respuesta obtenida para la firmeza del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización de la firmeza del pan de molde, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el menor valor de firmeza.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (11), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 1.10 + 3.88x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.28$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = -0.28 + 1.98x_2 = 0$$

$$x_2 = 0.14$$

Cabe mencionar que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en la Tabla 2 de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en la Tabla 59 que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

Tabla 59. Valores reales de x1 (HCM) e x2 (AA)

Variables independientes	Niveles						
	$-\alpha$	-1	-0.28	0	0.14	+1	$+\alpha$
% harina cáscara mango	5	6.5	a	10		13.5	15
mg/kg ácido ascórbico	20	32	60	b		88	100

Dado que el valor codificado de x_1 es -0.28, se obtiene como valor real $a=9.0\%$ de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado x_2 ; se obtiene 63.9ppm de ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de firmeza en los panes de molde será cuando se adicione 9% de harina de cáscara de mango y 63.9ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 83, pero sin mucha precisión.

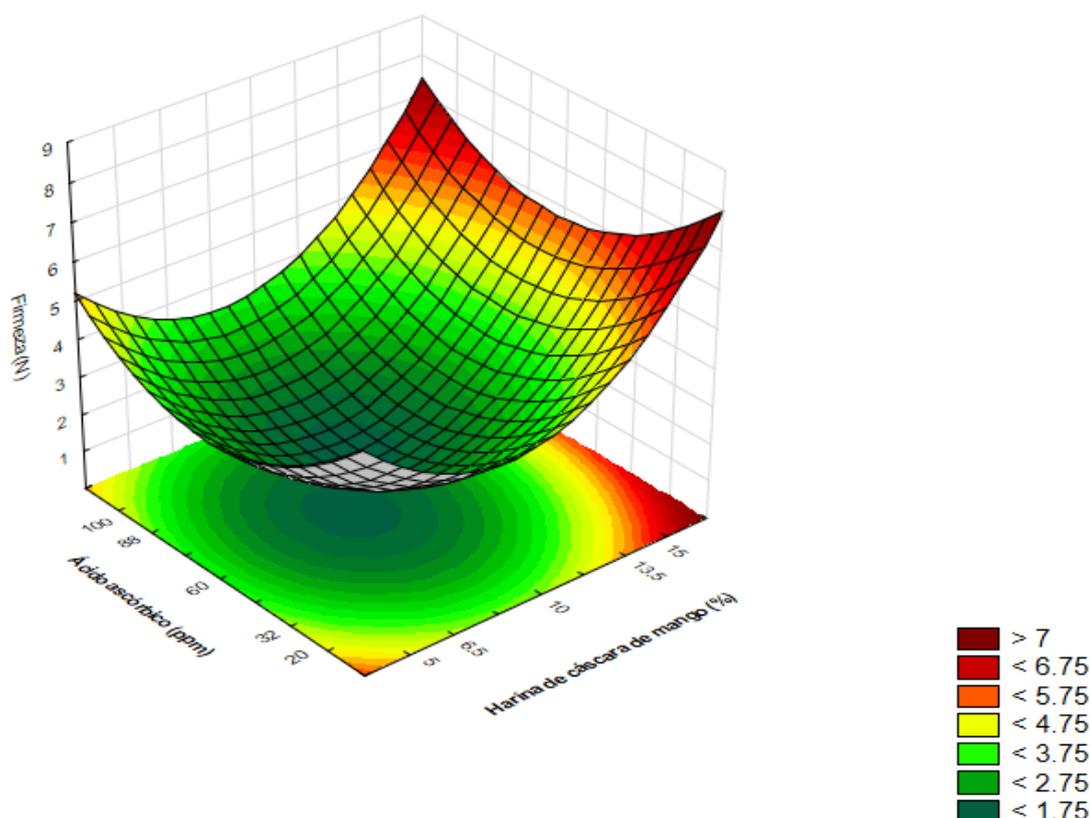


Figura 84. Superficies de respuesta para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

D. Elasticidad.

La tabla 51 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable elasticidad del pan de molde.

Como se puede observar en la tabla 51 los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de elasticidad entre 8.07 (Formulación 2) y 9.15 (Formulación 6 y 8); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la correcta realización del proceso de elaboración.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta elasticidad, presentados en la tabla 60. Analizando la tabla 60 se observa que ningún término de las variables en estudio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 84); por tanto no se puede concluir en un modelo matemático y no se puede establecer una superficie de respuesta.

El coeficiente de determinación para el modelo completo es de 15.376%.

Tabla 60. Coeficientes de regresión para la respuesta elasticidad de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	8.87	0.24	37.41	<0.0001
x ₁ (L)	-0.17	0.29	-0.58	0.5861
x ₁ (Q)	-0.13	0.35	-0.38	0.7181
x ₂ (L)	0.12	0.29	0.40	0.7042
x ₂ (Q)	-0.03	0.35	-0.08	0.9406
x ₁ x x ₂	0.21	0.41	0.51	0.6309

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

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

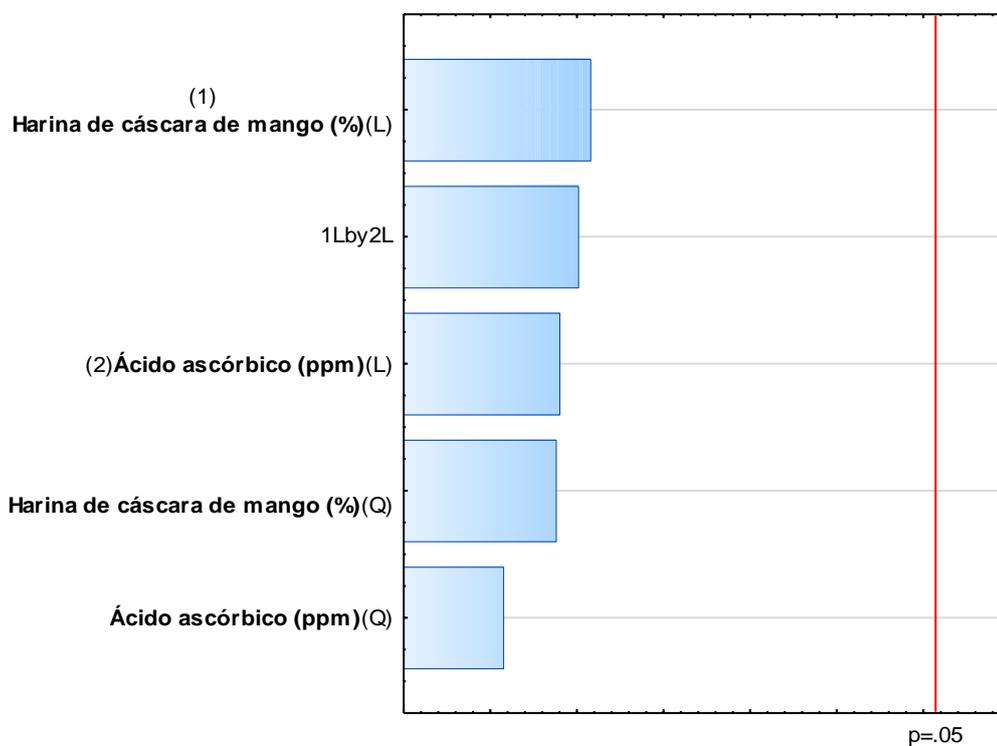


Figura 85. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Elasticidad

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la elasticidad, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Muller, (1973) indica que en los alimentos viscoelásticos (pan), es frecuente que solo ocurra una recuperación parcial de su estructura cuando se somete a determinadas deformaciones, ya que la red tridimensional elástica se desintegra bajo el efecto de la tensión o compresión. Cuanto más completa y resistente sea esta red, más acusada será la elasticidad y cuanto más fácilmente se desintegre la red, mayor será el componente viscoso.

Pacheco (2007), indica que es la elasticidad de la masa de harina de trigo lo que hace posible inflarse y retener las burbujas de gas que confieren a la miga del pan su textura característica.

E. Masticabilidad.

De forma general los valores reportados para la masticabilidad del pan de molde presentan un rango de 14.41 a 36.19 (tabla 51).

La masticabilidad es el producto de la firmeza por la cohesividad y por elasticidad (Osuna et al., 2013). El porcentaje de sustitución es el factor que más influye sobre este parámetro.

Las formulaciones que han tenido un menor incremento de altura en la fermentación, es decir, las que tienen menor capacidad de retener gases, son las que presentan mayores valores de masticabilidad. De esta manera los panes a los que se le ha incorporado HCM tienen una miga más masticable, con mayores valores de masticabilidad cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución.

Tabla 61. Coeficientes de regresión para la respuesta masticabilidad de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	15.38	1.05	14.64	<0.0001
x₁ (L)	9.18	1.29	7.13	0.0008
x₁ (Q)	12.41	1.53	8.09	0.0005
x₂ (L)	-1.98	1.29	-1.54	0.1841
x₂ (Q)	8.59	1.53	5.60	0.0025
x₁ x x₂	0.76	1.82	0.42	0.6936

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

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta masticabilidad de los panes de molde, tabla 61 y figura 86. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo (p<0.05) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, y el término lineal de harina de cáscara de mango; el cual fue altamente significativo.

El valor de coeficiente de determinación (r²); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **96.305%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r² para el modelo ajustado es de **94.423%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

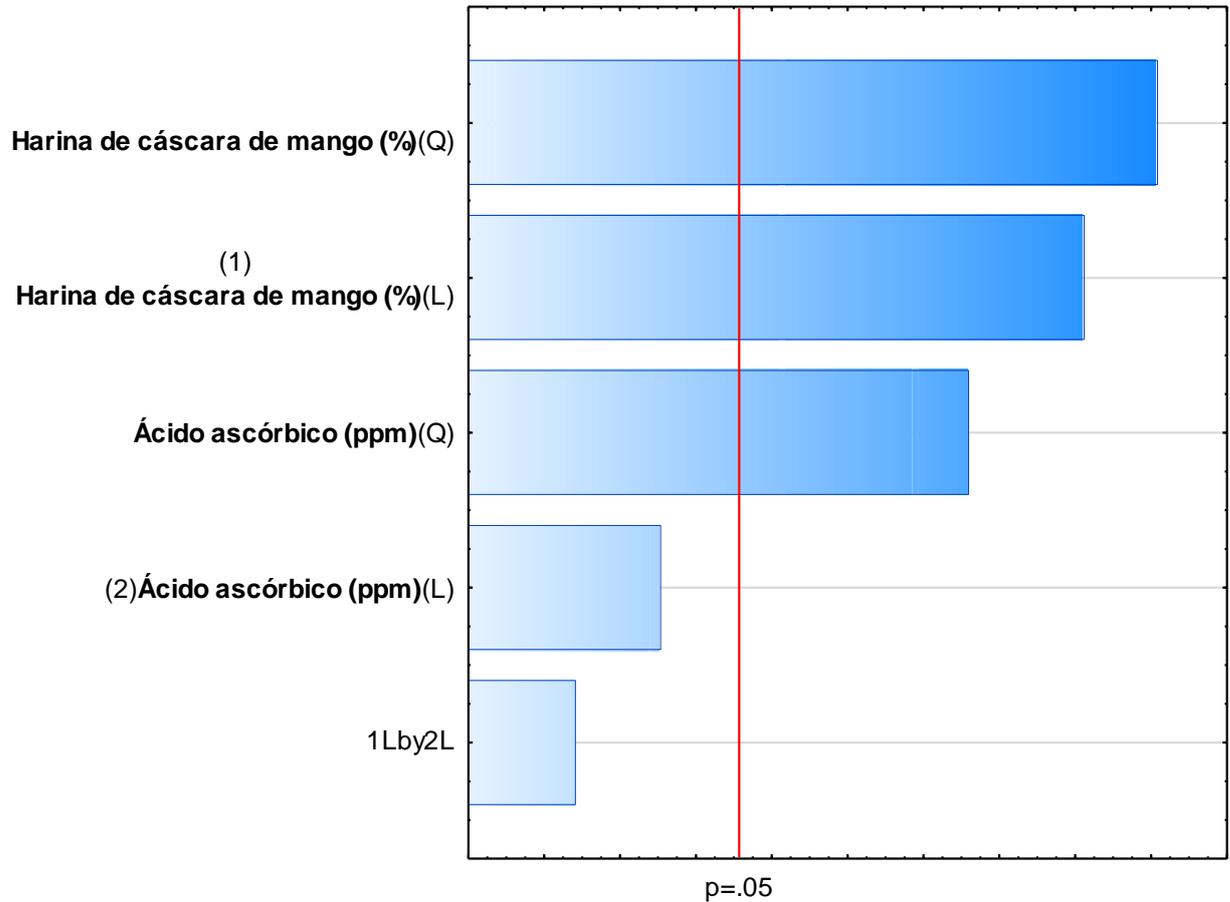


Figura 86. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Masticabilidad

Tabla 62. Análisis de varianza para la masticabilidad del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	423.4	3	141.13		
Residuos	25.00	7	3.57	39.53	4.35
Total	448.4	10	44.84		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 62, se observa que el modelo que describe la respuesta masticabilidad en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70%

y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 9.09, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 12, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango y el ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Masticabilidad} = y = 15.38 + 9.18x_1 + 12.41x_1^2 + 8.59x_2^2 \dots (12)$$

Donde:

x_1 = Harina de cáscara de mango.

x_2 = Ácido ascórbico.

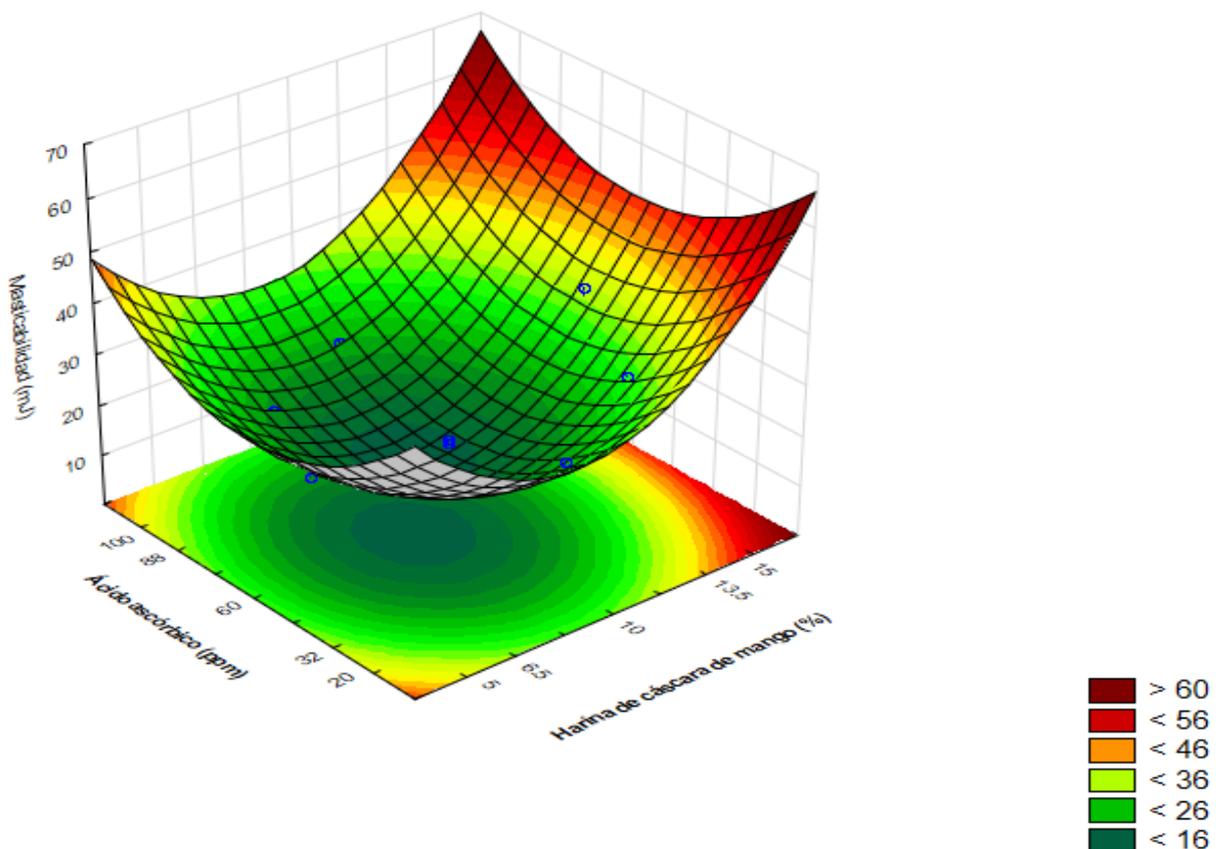


Figura 87. Superficies de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La figura 87 muestra la superficie de respuesta obtenida para la masticabilidad del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización de la masticabilidad, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (12), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 9.18 + 24.82x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.37$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 8.59x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en la Tabla 2 de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en la Tabla 63 que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

Tabla 63. Valores reales para x_1 (HCM) y x_2 (AA)

Variables independientes		Niveles					
		$-\alpha$	-1	-0.37	0	+1	$+\alpha$
%	harina cáscara mango	5	6.5	a	10	13.5	15
mg/kg	ácido ascórbico	20	32		60	88	100

Dado que el valor codificado de x_1 es -0.37, se obtiene como valor real $a=8.71\%$ de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado x_2 ; se obtiene 60 ppm de ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde será cuando se adicione 8.71% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 86, pero sin mucha precisión.

Los tratamientos T9 (14.41 mJ), T10 (15.41 mJ) y T11 (16.33 mJ) tienen valores menores valores de masticabilidad al patrón (T12, 16.30 mJ).

4.4.8. Análisis de Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS), en los panes de molde.

La tabla 64, presenta los valores de fibra dietética total, fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble de los panes de molde.

Tabla 64. Respuestas obtenidas de la fibra de los panes de molde

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Fibra dietética total (%)	Fibra dietética soluble (%)	Fibra dietética insoluble (%)
1	-1.00	-1.00	9.49	3.51	5.98
2	1.00	-1.00	13.1	5.1	8.00
3	-1.00	1.00	8.18	3.46	4.72
4	1.00	1.00	12.80	4.98	7.82
5	-1.41	0	9.86	3.36	6.50
6	1.41	0	13.25	5.45	7.80
7	0	-1.41	12.09	4.31	7.78
8	0	1.41	11.98	4.28	7.70
9	0	0	12.03	4.30	7.73
10	0	0	12.04	4.27	7.77
11	0	0	12.34	4.25	8.09
Patrón	-	-	2.24	1.96	0.27

Fuente: Anexo 8-Datos del análisis de FDT, FDI y FDS para panes de molde

A. Fibra dietética total.

De forma general los valores reportados para la fibra dietética total del pan de molde presentan un rango de 8.18 a 13.25 (tabla 64)

Tabla 65. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética total de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	12.14	0.48	25.37	<0.0001
x₁ (L)	3.26	0.59	5.56	0.0026
x₁ (Q)	-1.04	0.69	-1.48	0.1978
x₂ (L)	-0.44	0.59	-0.75	0.4843
x₂ (Q)	-0.55	0.69	-0.79	0.4633
x₁ x x₂	0.51	0.83	0.61	0.5675

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

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta fibra dietética total de los panes de molde, tabla 65 y figura 88. Analizando estos efectos se observa que el único término significativo (p<0.05) fue el término lineal de harina de cáscara de mango.

El valor de coeficiente de determinación (r²); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **87.25%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **78.865%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

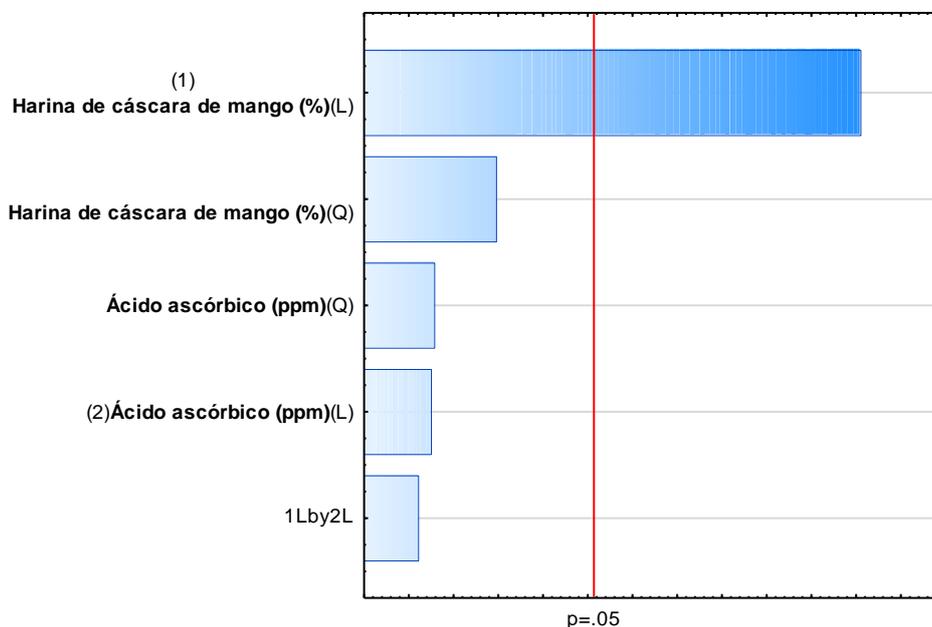


Figura 88. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética total.

Tabla 66. Análisis de varianza para la Fibra dietética total del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	21.23	1	21.23		
Residuos	5.69	9	0.63	33.69	5.12
Total	26.92	10	2.69		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 66, se observa que el modelo que describe la respuesta fibra dietética total en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70%

y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 6.58, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 13, que muestra la posibilidad de la fibra dietética total de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango, desde que esta variable es analizada en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\%FDT=12.14 +3.26x_1.....(13)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

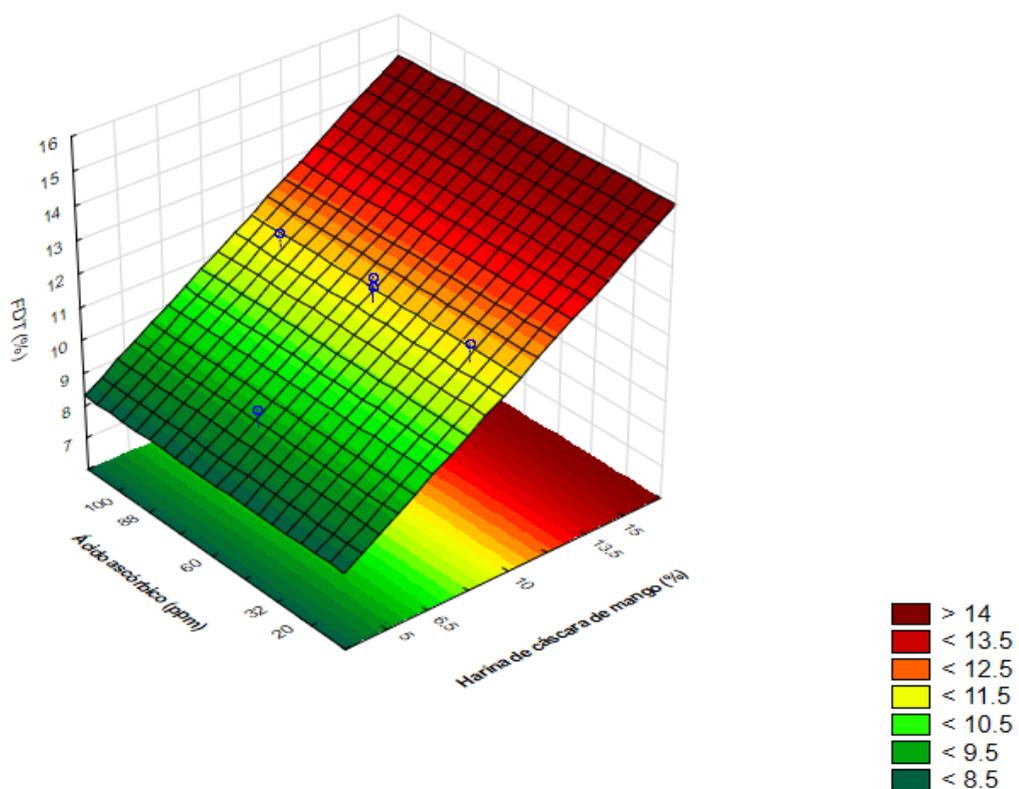


Figura 89. Superficies de respuesta para la fibra dietética total de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La superficie de respuesta de la figura 89 nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 13.5% se obtienen valores mayores de fibra dietética total en los panes de molde.

B. Fibra dietética soluble.

De forma general los valores reportados para la fibra dietética total del pan de molde presentan un rango de 3.36 a 4.98 (tabla 64).

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta fibra dietética total de los panes de molde, tabla 67 y figura 90. Analizando estos efectos se observa que el único término significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de harina de cáscara de mango; el cual fue altamente significativo.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **99.554%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **99.108%**; manteniendo su condición de buen ajuste.

Tabla 67. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética insoluble de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	4.27	0.04	114.91	<0.0001
x₁ (L)	1.52	0.05	33.31	<0.0001
x₁ (Q)	0.09	0.05	1.58	0.1746
x₂ (L)	-0.05	0.05	-1.16	0.2983
x₂ (Q)	-0.02	0.05	-0.41	0.6999
x₁ x x₂	-0.04	0.06	-0.55	0.6054

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

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

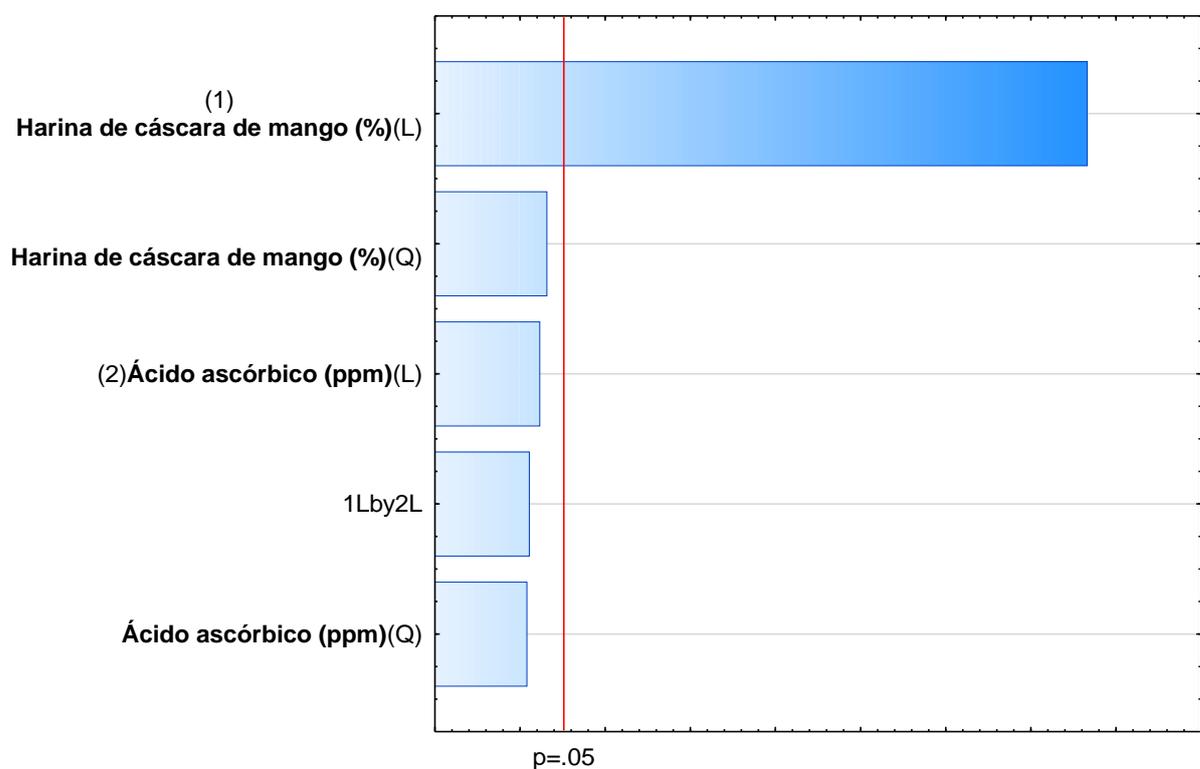


Figura 90. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética insoluble.

Tabla 68. Análisis de varianza para la Fibra dietética insoluble del pan de molde.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	4.61	1	4.61		
Residuos	0.04	9	0.004	1152.5	5.12
Total	4.65	10	0.47		

Fuente: Statistica v. 12.0

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 68, se observa que el modelo que describe la respuesta fibra dietética total en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{calculado}/F_{tabulado}$ fue de 225.01, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 13, que muestra la posibilidad de la fibra dietética soluble de ser estimado en función de la harina de cáscara de mango, desde que esta variable es analizada en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\%FDT=4.27 +1.52x_1.....(13)$$

Donde:

x_1 =Harina de cáscara de mango.

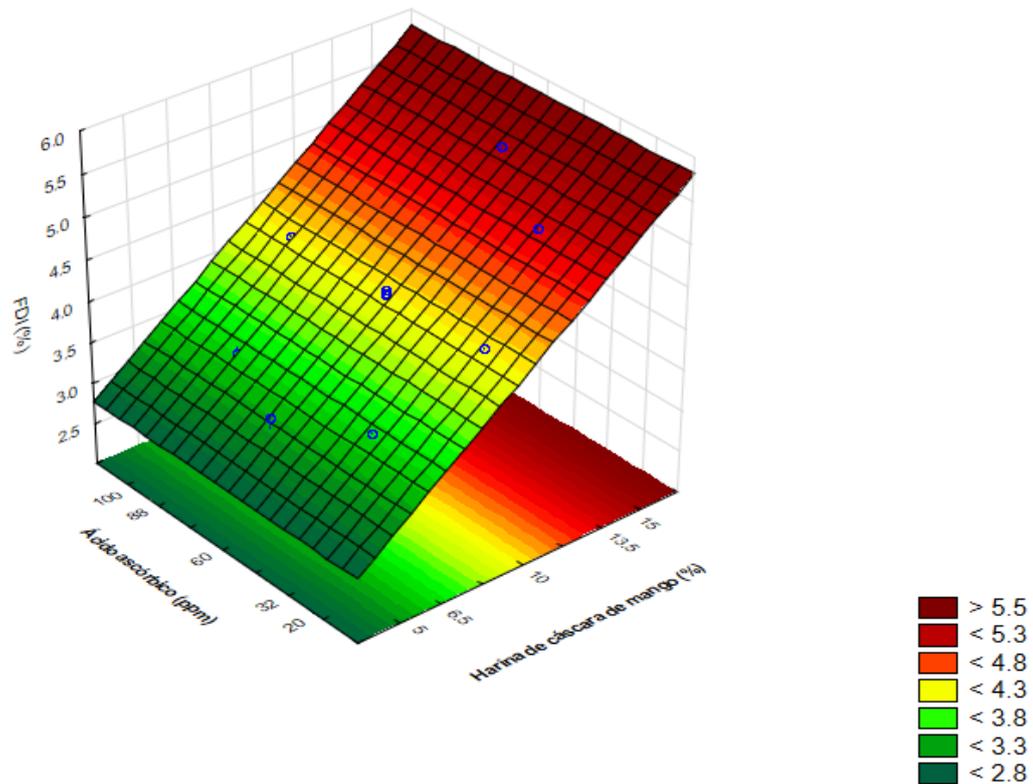


Figura 91. Superficies de respuesta para la fibra dietética soluble de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

La superficie de respuesta de la figura 90, nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 13.5% se obtienen valores mayores a 5.3% de fibra dietética soluble en los panes de molde.

C. Fibra dietética insoluble.

La **tabla 64** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable fibra dietética soluble del pan de molde.

Como se puede observar en la **tabla 64**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de fibra dietética insoluble entre 4.72 y 8.09; valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta fibra dietética insoluble, presentados en la tabla 69. Analizando la tabla 69 se observa que solo el término lineal de harina de cáscara de mango tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 92), sin embargo el coeficiente de determinación para el modelo completo de 74.008% disminuye a 52.793% al excluir del modelo los términos que no fueron significativos. El valor obtenido por tanto indica la falta de ajuste en el modelo; no pudiendo concluir en una ecuación del modelo para la variable en estudio.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la fibra insoluble, en función de las variables en estudio, se entiende que la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Tabla 69. Coeficientes de regresión para respuesta fibra dietética insoluble de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	7.86	0.45	17.63	<0.0001
x₁ (L)	1.74	0.55	3.19	0.0244
x₁ (Q)	-1.12	0.65	-1.72	0.1452
x₂ (L)	-0.39	0.55	-0.71	0.5077
x₂ (Q)	-0.53	0.65	-0.82	0.4508
x₁ x x₂	0.54	0.77	0.70	0.5139

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

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

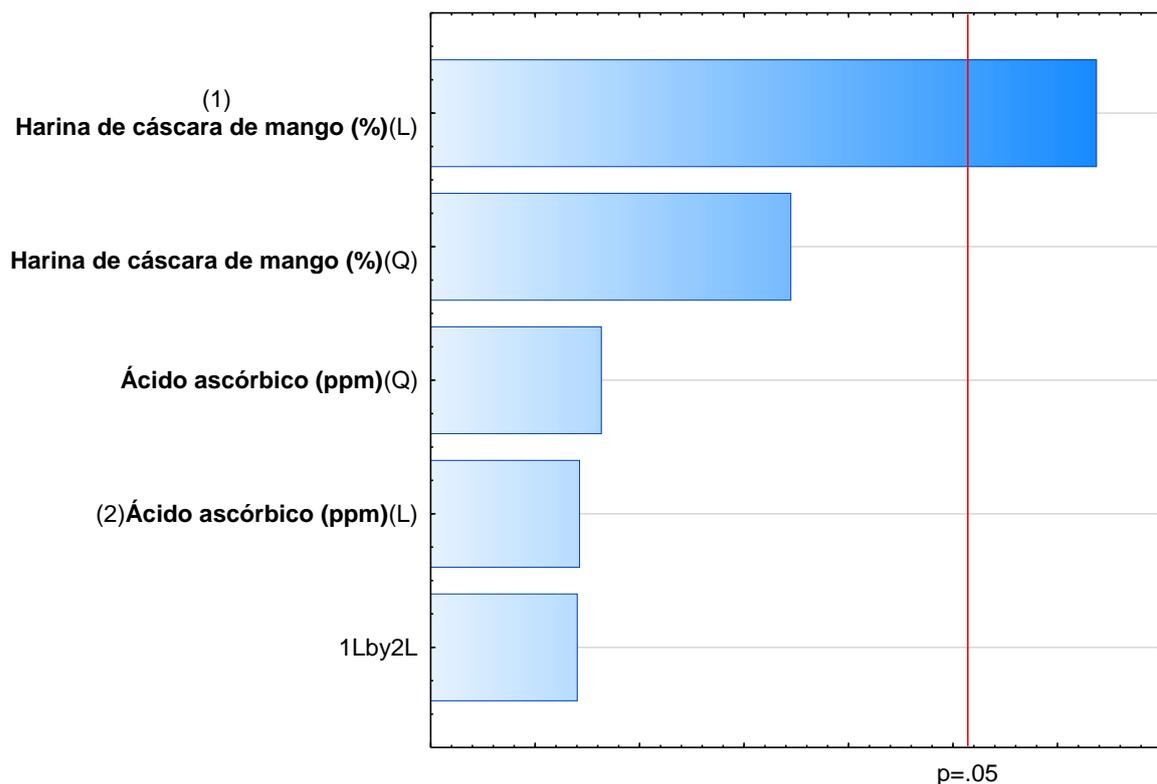


Figura 92. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Fibra dietética insoluble.

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.

En consecuencia, los panes de molde, desde le T1 hasta el T11 clasifican dentro de la categoría de alimento alto en fibra, así que pueden ser consumidas por niños, adultos y ancianos que deseen suplir la ingesta diaria de esta fibra. Además, se sabe que la fibra dietética en mango, especialmente la soluble, tiene la capacidad de retener agua, y de disminuir el tiempo de absorción de nutrientes.

El contenido alto de fibra insoluble está directamente relacionado con el mejoramiento en el tránsito digestivo y esta fibra es de superior calidad que la de productos tradicionales como pan integral y de trigo.

Prasada Rao (2008), estudio la adición de harina de cascara de mango en la elaboración de bizcochos, obteniendo valores importantes para una formulación del 10% de HCM y 90% de HT, de 14.4% FDT, 9.80 FDI y 4.78% FDS. Si comparamos estos valores con los tratamientos T9, T10 y T11 con 10% HCM, donde se obtuvieron 12.3%, 7.73% y 4.30% para el T9; 12.04%, 7.77% y 4.27%, para el T10; y, 12.34%, 8.05% y 4.25% para el T11. Es decir si hacemos la relación FDS/FDI obtenemos, para los datos de Prasada Rao, el valor de 0.488. Si procedemos a desarrollar para los datos obtenidos para los panes de molde con 10% de HCM, se obtiene en promedio 0.544, casi similar al dato anterior.

4.5. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE MOLÉCULAS (CAMO) PARA LA HARINA DE CASCARA DE MANGO

4.5.1. Evaluación de la CRA

Datos:

Harina de cascara de mango 2.0052gr

Tabla 70. Pesos obtenidos de la centrifugación de las muestras

Muestra	Peso de la harina de cascara de mango (g)
Tubo1	4.0947
Tubo2	6.4355
Tubo3	6.0257
Tubo4	7.6859
TOTAL	24.2418

Calculando la Capacidad de Retención de Agua (CRA):

$$CRA = \frac{(P_f - P_l)}{P_t} \dots\dots(14)$$

$$CRA = \frac{(24.2418 - 2.0052)}{2.0052} = 11.089 \frac{g \text{ de agua}}{g \text{ de solido seco}}$$

El resultado del CRA obtenidos en el mango de variedad Kent, para la harina de cascara fue de 11.089 g agua/g solido seco. Este resultado difiere del valor de CRA en cáscara de mango variedad Tommy Atkins secadas por liofilización, reportados por Sogi et al. (2013) con 4.68 g agua/g solido seco.

Bandyopadhyay, (2014), reporta un valor de 4.3 g agua/g solido seco para la harina de cascara de mango, variedad Chausa.

Ferguson (1978) indica que la CRA y la CAMO son parámetros útiles para destinar a la HCM como emulsionante para productos cárnicos y como agentes espesantes o de endurecimiento.

Serna et al. (2015), demostró que a mayor tamaño de partícula, mayor es la capacidad de retención de agua (CRA) y la capacidad de retención de aceite (CRAc). Haciendo análisis en mangos de la especie Tommy Atkins y Keitt presentaron un CRA (7.79 g agua/ g solido seco y 8.18 g agua/g solido seco) lo cual podría tener aplicaciones industriales como agentes emulsionantes. De acuerdo a estos resultados, la obtención de polvo de cáscara de mango de las variedades Tommy Atkins y keitt, presentan alto potencial de aplicación en la industria alimentaria.

Según Larrauri et al. (1996), la capacidad de retención de agua de la harina de cascara de mango es de 11,4 g agua/g sólido.

4.5.2. Evaluación de la CAMO

Datos:

Peso inicial de harina de cascara de Mango 3.0002gr

Peso obtenido después de la exposición a una atmosfera de 98% de humedad por dos horas:

Peso final de harina de cascara de Mango 6.71gr

Calculando la capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO):

$$CAMO = \frac{(P_f - P_i)}{P_i}$$

$$CAMO = \frac{(6.71 - 3.0002)}{3.0002} = 1.237 \frac{g \text{ de aceite}}{g \text{ de solido seco}}$$

Según Serna et al. (2015), la capacidad de retención de aceite para especies como Tommy Atkins y Keitt se encuentran entre los valores de (4.15 g aceite/g solido seco y 4.71 g aceite/g solido seco) mientras que para la variedad Edward se obtuvieron valores de (1.237 g aceite/g solido seco) observando que su capacidad de absorción de aceite es muy baja. Esta propiedad es importante para las harinas debido a que se puede utilizar en alimentos congelados o pre-cocidos, listos para freír, en galletas o en algunos alimentos a base de cereales, además pueden mejorar la textura y el sabor.

Dependiendo de los valores de CRA y de CAMO la harina tendrá la capacidad de formar emulsiones, debido a un buen balance de sus grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la fibra, siendo utilizados para productos en las cuales se requiera el uso de

emulsionantes como salsas, cremas, análogos de grasa, etc.(Serna et al., 2015).

Bandyopadhyay, (2014), reporta para el CAMO, un valor de 2.2 g aceite/g solido seco para la harina de cascara de mango, variedad Chausa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

SUGERENCIAS

5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de mango fue: $4.993\% \pm 0.132$ de proteína, $5.773\% \pm 0.100$, 3.240 ± 0.209 cenizas, 2.210 ± 0.040 humedad, 38.15 ± 4.666 FDT, 20.14 ± 3.408 FDI y 18.01 ± 1.258 FDS
- El análisis de color instrumental para la Harina de Cascara de Mango obtuvo 60.43 ± 1.844 de Luminosidad, 43.038 ± 1.088 de cromacidad y 86.47 ± 0.136 de ángulo de tonalidad.
- Los análisis de amilograma, farinograma y consistograma, aplicado tanto para la harina de cascara de mango y la harina de trigo nos permite evaluar cuan fuerte es la harina para soportar el amasado y medir el índice de tolerancia o grados de ablandamientos elevados que tenga el gluten.
- Los T5 (5% HCM y 60 ppm AA), T1 (6.5% HCM y 32 ppm AA), T3 (6.5% HCM y 88 ppm AA) y T10 (10% HCM y 60 ppm AA) son los que acercan más al valor estándar de la altura del pan de molde T12 (0% HCM y 0 ppm AA), dado que obtienen valores de 95 mm, 98 mm, 100 mm y 95 mm respectivamente. Esto demuestra en forma preliminar que los porcentajes de HCM utilizados si influyen en la altura y volumen de 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.
- Con la aplicación del diseño compuesto central rotacional (DCCR) y la metodología de la superficie de respuesta (RSM) se determinó que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango (de 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4.6 ml/g) en los panes de molde.
- Dado que la superficie de respuesta representa la maximización de la luminosidad instrumental de la miga, su máximo valor se obtiene cuando se adicione 10% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico, pero el ácido ascórbico no tuvo efecto significativo sobre la

cromacidad y que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango entre 5 y 15% generan valores bajos de cromacidad en los panes de molde.

- La superficie de respuesta indica que se obtienen porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32 ppm de ácido ascórbico; para el caso de la grasa la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conduce a una diferencia en el producto final.
- La superficie de respuesta indica que se obtienen porcentajes de humedad mayores a 38%; cuando se adicione concentraciones de 13.5 a 15%. La superficie de respuesta también indica que el ácido ascórbico no tiene influencia estadística en la respuesta en estudio.
- Las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro color se da cuando se adicione 7.6% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico al pan de molde.
- La adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5 % otorgan mayor aceptación a la apariencia por parte de los panelistas, obteniendo puntuaciones mayores a 6.5, según de la escala hedónica establecida.
- La adición de harina de cáscara de mango en un rango de 5 a 6.5% y ácido ascórbico en un rango de 88 a 100 ppm obtiene puntuaciones por encima del valor de 6.6 en cuanto a la variable respuesta textura.
- Las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro sabor se da cuando se adicione 8% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.
- El análisis de perfil de textura permitió evaluar la dureza, firmeza, estabilidad y masticabilidad de los panes de molde.

- Las concentraciones para obtener el mínimo valor de dureza en los panes de molde se da cuando se adicione 8.7% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.
- Las concentraciones para obtener el mínimo valor de firmeza en los panes de molde se da cuando se adicione 9% de harina de cáscara de mango y 63.9 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.
- Las concentraciones para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde se da cuando se adicione 8.71% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.
- El ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa sobre la FDT en estudio; mientras que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 13.5% se obtienen valores mayores de fibra dietética total en los panes de molde.
- El ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa; mientras que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de mango mayores a 13.5% se obtienen valores mayores a 5.3% de fibra dietética soluble en los panes de molde, logrando catalogarlos con alimentos ricos en fibra.
- El resultado del CRA obtenidos en el mango de variedad Kent, para la harina de cascara fue de 11.089 g agua/g solido seco y de CAMO fue de 1.237 g aceite/g solido seco.

5.2. SUGERENCIAS

- Se plantea la necesidad de investigar el uso de otro tipo de antioxidante para el pan de molde como el bisulfito de sodio o la azodicarbonamida.
- Profundizar en el estudio de la obtención de la harina de cascara de mango, logrando utilizar, por ejemplo, el liofilizado para secar la harina de cascara de mango y de esta manera evaluar la cantidad de polifenoles solubles y la capacidad antioxidante, para su posterior uso en la industria alimentaria.
- Es necesario realizar un estudio más completo sobre todas las formulaciones empleadas, a través de la elaboración de amilogramas, farinogramas y extensogramas para determinar la calidad de la masa panaria.
- Dada el alto contenido graso de la harina de cascara de mango, es recomendable elaborar un perfil lipídico a la harina para determinar los ácidos grasos y verificar su efecto en la salud de los consumidores de fibra dietética.
- Dado que el uso de la harina de cascara de mango en pan de molde provoca que estos sean catalogados como alimentos ricos en fibra (> 6% FDT), sería importante evaluar uno de los ingredientes que participan en la formulación (manteca vegetal) para poder sustituirla por otra más saludable y de esta manera convertir al pan de molde en un alimento funcional.
- Se recomienda utilizar microscopia electrónica de barrido para investigar la integridad de las migas de pan de los once tratamientos y compararlos con el patrón (T12, 100% harina de trigo).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abdulrahman, F., Amin, I., Azizah, A. y Azrina, A. (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peles. Food Chemistry, 126 (1), 283–288.

ADA, (2006). American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. Diabetes Care, 29 (1), 4-42.

Agrobanco (2007).Manual del Cultivo del mango. Area de Desarrollo. Recuperado http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/publicacionagroinforma/3_cultivo_del_mango.pdf

Ajila, C., Leelavathi, K., Rao, P. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. Journal of Cereal Science, 48 (1) 319- 326.

Alonso, S. y Montero, S. (2014). Efecto de la adición de ácido ascórbico y harina de plátano (*musa paradisiaca*) en las características tecnológicas de un pan de molde funcional. (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote. 117p.

Anderson, J. et al. (2000). Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in me and womwn with hypercholesterolemia: meta-analysis of controlled trials. American Journal of Clinical Nutrition, 71 (1), 472-479.

Arroyo, Y. et al. (2008). Obtención y caracterización fisicoquímica y funcional de las fibras dietéticas del níspero común (*Mespilus germanica*). Rev. Soc. Quím. Perú, 74 (4), 269-281.

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. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote.

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 (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politecnica del Litoral, Ecuador.

Bandyopadhyay, K., Chaitali C., y Sagarika B. (2014). Fortification of Mango Peel and Kernel Powder in Cookies Formulation .Journal of Academia and Industrial Research (JAIR), 2 (12), 15-18.

Batista, C. (2007). Efeito de adicao de xinalase, glicose oxidase e acido ascórbico na qualidade do pao de forma de farinha de trigo de grao inteiro”. (tesis postgrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil.148p.

Bourne, M. (2002). Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Food Sci. and Technol., Academic Press, N.Y. Recuperado de [http://www.cst.ur.ac.rw/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20\(2002\),%200121190625.pdf](http://www.cst.ur.ac.rw/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20(2002),%200121190625.pdf)

Brabender (2011). Manual de Instrucciones FARINOGRAPH - AT. Alemania.

Bravo, L. and Saura- Calixto, F. (1998). Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace. American Journal of Enology and Viticulture, 49 (1), 135-141.

Burkitt, D. y Trowell, H. (1975). Refined carbohydrate foods and disease; the implications of dietary fiber. London: Academic Press

Calcano, X. (1991). Hidrolisis enzimática de harina de arroz: Costa rica.

Carpenter, H., Anderssen, R. (2000). Modelling the developmental rheology of wheat flour dough using extension test. Journal of Cereal Science, 31 (1), 1-13.

Cebrecos, F. (2011). Apuntes de Filosofía de la ciencia. Separa del Programa doctoral EPG UNS.

Cepeda, R., Corchuelo, G. (1991). Tecnología de Cereales y Oleaginosas. 1a ed. Colombia:Unisur.

Chavez-Zepeda et al. (2009). Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. NACAMEH 3 (2), 71-82.

Collazos, C. et al. (1996). Tabla peruana de composición de alimentos. 7a ed. Lima: INS/Cenan.

Collazos, C.; Philip, W.; Viñas, E.; Alvistur, J.; Urquieta, A. y Vásquez, J. (1993). *Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú*. 6a ed. Lima: Instituto Nacional de Nutrición.

Da Silva, L., Paucar-Menacho, L., Vicente C., Salles, Steel, A. (2009). Desenvolvimento de pão de fôrma com a adição de farinha de "okara". *Braz. J. Food Technol.*, 12 (4), 315-322.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fiberich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem.*, 124(2), 411 421.

Enciso y Trejo. (Septiembre, 2005). Obtencion de fibra dietética soluble a partir de bagazo de manzana. Trabajo presentado en XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, México

Faria, L., Donato, S., Dos Santos, M. y Castro, L. (2016). Nutrient contents in 'tommy atkins' mango leaves at flowering and fruiting stages. *Engenharia Agrícola*, 36(6), 1073-1085.

Ferguson, R. y Fox, K. (1978). Dietary citrus fibres. *Transactions of the ASME Citrus Engineering Conference*, Winterhaven 24 (1), 23–26.

Ferreira, S. (2002). *Controle de qualidade em sistemas de alimentação coletiva I*. 1a ed. Brasil: Varela.

Fiestas, C. y Villegas, G. (2010). Obtención de pan de molde con sustitución parcial de la harina de trigo por pulpa de yacón (*smallanthus sonchifolia*). (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote. 191p.

Figuerola, F., Hurtado, M., Estevez, A., Chiffelle, I., Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3),395-401.

Friedman, H., Whitney, J. y Szczesniak, A. (1963). The Texturometer: a new instrument for objective texture measurement. *J. Food Sci.*, 28 (1), 390-396.

Gallo, F. (1993). Índice de madurez para piña cayena lisa, guanábana, pitaya amarilla y maracuyá. *Agrodesarrollo*, 4 (2), 171-200.

García, I. (2003). Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su incorporación en galletas. (Tesis pregrado). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, Mexico. 50p.

Geymonat, L. (2006). Historia de la filosofía y la ciencia, 2a ed. Barcelona, España: Editorial Crítica.

Giese, J. (2000). Color measurement in foods as a quality parameter. *Food Technology*, Chicago, 54 (2), 62-63.

Goesaert, H., Bris, K., Veraberbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K. y Delcour, J. (2005). Wheat dough extensibility screening using a two-site enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with antibodies to low molecular weight glutenin subunits. *Cereal Chemistry*, 73 (1), 650 – 657.

Gondim, F., Gomes-Filho, E., Lacerda, C., Prisco, J., Azevedo Neto A. y Marques, E. (2010) Pretreatment with H₂ O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22 (1), 103-112.

Gourgue, C., M., M., Champ, Y., Lozano, y Laval, J. (1992). Dietary fiber from mango byproducts: Characterization and hypoglycemic effects determined by in vitro methods. *J. Agr. Food Chem.*, 40 (1), 1864–1868.

Grigelmo-Miguel, N., Abadias-Seros, M. y Martin-Belloso, O. (1999). Characterization of low fat high-dietary fiber frankfurters. *Meat Sci.*, 52 (1), 247-256.

Grundy, S. (1998). Multifactorial causation of obesity: implications for prevention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67 (1), 563-572.

Guzmán y López (2015). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y grano entero de chía (*salvia hispánica*) en la elaboración de cupcakes. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote.

Hassan, F., Ismail, A., Hamid, A. Al-Sheraji, S. (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels. *Food Chemistry*, 126 (1), 283–288.

Hawk, E., Limburg P. y Viner, J. (2002). Epidemiology and prevention of colorectal cáncer. *Surg Clin North Am* 82 (1), 905-941.

Heenan, S., Dufour, J., Hamid, N., Harvey, W., Delahunty, C. (2008). The sensory quality of fresh bread: descriptive attributes and consumer perceptions. *Food Research International*, Oxford, 41(10), 989-997.

Hispley, E. (1953). Dietary “fibre” and pregnancy toxæmia. *British Medical Journal*, 2 (1), 420-422.

ILSE EUROPE, (2006). ILSI EUROPE concise monograph series. fibra dietética definición, análisis, fisiología y salud. Recuperado de http://ils.eu/wp-content/uploads/sites/3/2016/06/CM_fibre_Spanish.pdf

Jibaja, L. (2014). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, *mangífera indica*, variedad “criollo”. *Cientifi-k*, 2(1), 62-69.

Lajolo, F., Saura-Calixto, F., Wittig de Penna, E. y Menezes, E. (2001). Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. CYTED /CNPq. São Paulo : Varela.

Larrauri, G., Jose, A., Saura, C. y Fulgencio, D. (1999). Concentrado de fibra dietética antioxidante natural de uva y su procedimiento de extracción. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Larrauri, J., Rupérez, P., Borroto, B., Saura, F. (1996). Mango Peels as a New Tropical Fibre : Preparation and Characterization. *Lebensmittel -Wissenschaft und -Technologie*, 29 (1), 729–733.

Laufenberg, G., B. Kunz y M. Nystroem (2003). Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept, (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, 87(2), 167–198.

León, A y Rosell, C. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1ª ed. Córdoba – Argentina: Hugo Báez Editor.

León, A., Durán, E., Benedito de Barber, C. (1997). A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 204 (1), 116–120.

López, L. y Carlos L. (2002). Obtención y caracterización de harina de mango (mangífera indica) utilizando secado convencional y secado solar. (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote. 138p.

Lorenzano, C. (1994). La estructura del conocimiento científico. 2a ed. Buenos Aires, Argentina: Zavala Editores.

Márquez, L., Pretell, C., Minchón, C. (2011). Efecto del tratamiento desinfectante y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en rebanadas de mango (*Mangifera indica* L.), Kent mínimamente procesado. *Pueblo Continente*, 22 (2), 385-403.

Marquina, R. y Zevallos, R. (2008). Optimización de la Formulación de un pan de molde enriquecido con: *Coca (Erythroxylum)*, *Camote (Ipomoea batata)* y *Kiwicha (Amaranthus caudatus)*". (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote.

Matos, A., Muñoz, K. (2010). Elaboración de Pan con Sustitución Parcial de Harina Pre Cocida de Ñufta (*Phaseoleus vulgaris* L) y Tarwi (*lupinus mutabilis*). *Revista de Investigacion en Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, 1 (1), 31-35

Millward, D., Newsholme E., Pellet, P. y Uauy, R. (1992). Amino acid scoring in health and disease. En: *Protein - Energy interactions*. Lausanne. USA: Editorial Scrimshaw N. S., Schurch B. Nestlé Foundation.

MINSA, (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. Lima-Perú. Recuperado de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>

Montenegro, F., Ormenese, R. (2008). Avaliacao da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo. Campinas: Cereal Chocotec ITAL.

Mora, A. (2000). Diseños de Tratamientos Aplicados a Ensayos de Propagación in vitro con Cultivos de Tejidos Vegetales. Vielma, M.T. Cultivos de Tejidos Vegetales. Manual de Laboratorio. Mérida. Colombia

Murga, I. y Sánchez, I. (2013). Efecto de la adición del ácido ascórbico en la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*). (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote. 174p.

Naega, (2008).- The North American Export Grain Association. Wheat F-lour Testing Book. Wheat and F-lour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality Version 2. Recuperado de <http://www.grains.k-state.edu/igp/wheatflourbook/wheat-flour-book.pdf>

Norma Técnica Peruana 205.027:1986: harina de trigo para consumo domestico y uso industrial. Lima: INDECOPI.

Norma Técnica Peruana 205.037:1975 (Revisada el 2011): Harinas. determinación del contenido de humedad. Lima: INDECOPI.

Norma Técnica Peruana 205.038:1975 (Revisada el 2011): Harinas. Determinación de cenizas. Lima: INDECOPI.

Pacheco, E., Testa, G. (2005). Evaluación nutricional, Física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia*, 30(59), 300-304.

Periago, M., Ros, G., Lopez, G., Martinez, M. y Rincón, F. (1993). Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista española de Ciencia y tecnología de Alimentos*, 33 (3), 229.

Quaglia, G. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. 1ª ed. España: Acribia editorial.

Ramirez-Wong, B., et al. (2007). Effect of flour extraction rate on white and red winter wheat flour compositions and tortilla texture. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 84 (3), 207-213.

- Ribeiro, S., Barbosa, L., Queiroz, J., Knodler, M. y Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chem.*, 110 (1), 620–626.
- Ribotta, P., Pérez, G., León, A. y Añón, M. (2004). Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*, 18(2), 305-313.
- Rincón, A., Vásquez, A., Padilla, C. (2005). Composicion química y compuestos bioactivos de las harinas de cascaras de naranja (*citrus sinensis*), mandarina (*citrus reticulata*) y toronja (*citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55 (1), 1–8.
- Rizzello, C., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., Gobetti, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International Journal of Food Microbiology*, 180 (1), 78–87.
- Salvin (1987). Dietary Fiber: Classification, chemical analyses, and food sources. *J. Am. Diet. Assoc.*, 87(1),1164-1171.
- Santa María, N. y Cerna, N. (2010). Efecto de la adición de ácido ascórbico sobre la calidad del pan de molde con sustitución parcial de harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y Salvado de trigo (*Triticum aestivum*)". (tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote.
- Saxena, D., Prasada R., U.J.S., Haridas R. (1997). Indian wheat cultivar: Correlation between quality of gluten proteins, rheological characteristics of dough and tandoori roti quality. *J. Sci. Food Agr.*, 7 (4), 265-272.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C. y Ayala-Aponte, A. (2014). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41-50
- Stauffer, C. (2000). Emulsifiers as antistaling agents. *Cereal Foods World*, Saint Paul, 45 (3),106-110.

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.

Szczesniak, A., Humbaugh, P. y Block, H. (1970). Behavior of different foods in the standard compression cell of the shear press and the effect of sample weight in peak area and maximum force. *J. Texture Stud.*, 1(1), 356.

Torres, E. y Pacheco, E. (2007). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(2), 133-141.

Tovar Santana, A. (2001). El constructivismo en el proceso de enseñanza aprendizaje. 1ª ed. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional

Vergara, N. (2005). Obtención de fibra dietética antioxidante a partir de mango y su aplicación en productos de panificación. Disertación (Maestro en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos) – Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Recuperado <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/3341/1/OBTENCIONDEFIBRA.pdf>

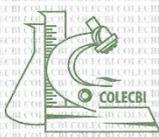
Vergara, N., Granados, E., Agama, E., Tovar, J., Ruales, J. y Bello, L. (2007) Concentrado de Fibra de mango: Caracterización, capacidad antioxidante asociada y aplicación como ingrediente de productos de panadería. *Science Direct LWT* 40 (1), 722–729.

Villarreal, T., Biolley, H., Schneeberger, K., Ballester, C. y Santibáñez, R. (1989). Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana. *Arch Latinoam Nutr.*, 39(2), 200.

Zapata, K., Cortes, F. y Rojano, B. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica*, 24(5), 103-112.

ANEXOS

ANEXO 1: INFORME DE ENSAYO N° 1411-16, LABORATORIOS COLECBI SAC



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES "COLECBI" S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE.

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 1411-16

SOLICITADO POR: CESAR MORENO ROJO
DIRECCIÓN: Urb. Bellamar S/N Nuevo Chimbote - UNS
PRODUCTO DECLARADO: HARINA DE CASCARA DE MANGO.
CANTIDAD DE MUESTRA: 01 muestra x 200g
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN: 2016-05-23
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2016-05-23
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: 2016-05-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI: SS 000815-16

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
Proteínas (%) Factor 6,25	M-1 4,96
Grasa (%)	5,78

METODOLOGIA EMPLEADA

Grasa : UNE 64021 1970

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Mayo 24 del 2016.
DV/jms

Denis M. Vargas Yépez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM - 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

**ANEXO 2: DATOS OBTENIDOS PARA EVALUAR VOLUMEN ESPECIFICO DE
LOS PANES DE MOLDE**

TABLA 1. VOLUMEN ESPECIFICO PARA LAS 11 FORMULACIONES

Tratamientos	Muestras	Peso (g)	Volumen desplazado (ml)	Volumen especifico (ml/g)	Promedio
T1	1	575	2630	4.574	4.601
	2	579	2680	4.629	
T2	1	591	2240	3.790	3.861
	2	580	2280	3.931	
T3	1	570	2700	4.737	4.677
	2	574	2650	4.617	
T4	1	587	2245	3.825	4.278
	2	576	2725	4.731	
T5	1	578	2840	4.913	4.770
	2	577	2670	4.627	
T6	1	568	2360	4.155	4.074
	2	566	2260	3.993	
T7	1	556	2640	4.748	4.658
	2	556	2540	4.568	
T8	1	552	2480	4.493	4.582
	2	548	2560	4.672	
T9	1	570	2700	4.737	4.677
	2	574	2650	4.617	
T10	1	577	2725	4.723	4.634
	2	572	2600	4.545	
T11	1	574	2640	4.599	4.583
	2	576	2630	4.566	
PATRON	1	577	2745	4.757	4.870
	2	562	2800	4.982	

ANEXO 3: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA CORTEZA DE LOS PANES DE MOLDE

TABLA 2. COLOR CORTEZA DE LOS PANES DE MOLDE

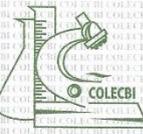
Tratamientos	Muestras	Luminosidad	a	b	Cromacidad	Angulo tonalidad, h	H (grados sexagesimales)
T1	1	56.52	12.57	38.020	40.044	1.251	71.7051
	2	55.83	11.22	39.970	41.515	1.297	74.3198
	3	55.55	11.19	35.840	37.546	1.268	72.6604
	Promedio	55.967	11.660	37.943	39.694	1.273	72.9176
T2	1	65.55	2.77	37.770	37.871	1.498	85.8053
	2	60.57	2.97	35.570	35.694	1.487	85.2268
	3	63.35	3.74	37.890	38.074	1.472	84.3626
	Promedio	63.157	3.160	37.077	37.211	1.486	85.1283
T3	1	54.7	12.17	37.700	39.616	1.259	72.1091
	2	57.71	11.49	37.610	39.326	1.274	73.0117
	3	55.51	22.44	38.170	44.278	1.039	59.5487
	Promedio	55.973	15.367	37.827	40.829	1.185	67.8909
T4	1	57.86	6.94	33.820	34.525	1.368	78.4035
	2	57.43	6.94	32.120	32.861	1.358	77.8076
	3	53.26	8.33	32.970	34.006	1.323	75.8206
	Promedio	56.183	7.403	32.970	33.791	1.350	77.3441
T5	1	54.67	12.2	34.950	37.018	1.235	70.7573
	2	55.3	11.92	36.380	38.283	1.254	71.8583
	3	56.51	11.86	36.020	37.922	1.253	71.7751
	Promedio	55.493	11.993	35.783	37.740	1.247	71.4705
T6	1	48.9	10.67	31.120	32.898	1.240	71.0747
	2	57.43	5.14	34.320	34.703	1.422	81.4821
	3	58.1	7.18	34.460	35.200	1.365	78.2302
	Promedio	54.810	7.663	33.300	34.170	1.345	77.0400
T7	1	50.72	11.39	32.220	34.174	1.231	70.5310
	2	51.44	10.02	31.960	33.494	1.267	72.5927
	3	53.96	9.2	30.880	32.221	1.281	73.4096
	Promedio	52.040	10.203	31.687	33.289	1.259	72.1509
T8	1	49.96	10.18	31.630	33.228	1.259	72.1592
	2	49.57	10.37	32.660	34.267	1.263	72.3845
	3	48.69	10.43	30.510	32.244	1.241	71.1266
	Promedio	49.407	10.327	31.600	33.245	1.255	71.9028
T9	1	58.11	9.61	35.090	36.382	1.303	74.6839
	2	57.68	8.79	35.650	36.718	1.329	76.1490
	3	57.91	9.91	35.130	36.501	1.296	74.2463
	Promedio	57.900	9.437	35.290	36.530	1.310	75.0290
T10	1	58.5	8.87	35.370	36.465	1.325	75.9217
	2	59.11	9.2	36.890	38.020	1.326	75.9965
	3	61.21	8.89	34.990	36.102	1.322	75.7442
	Promedio	59.607	8.987	35.750	36.862	1.325	75.8894
T11	1	55.08	10.93	34.950	36.619	1.268	72.6337
	2	58.58	10.07	36.330	37.700	1.300	74.5074
	3	58.02	9.41	36.460	37.655	1.318	75.5281
	Promedio	57.227	10.137	35.913	37.316	1.296	74.2379
PATRON	1	55.61	14.86	39.230	41.950	1.209	69.2536
	2	55.69	14.36	38.210	40.819	1.211	69.4027
	3	59.02	13.39	39.200	41.424	1.242	71.1406
	Promedio	56.773	14.203	38.880	41.393	1.221	69.9320

ANEXO 4: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA MIGA DE LOS PANES DE MOLDE

TABLA 3. COLOR DE LAS MIGAS DE LOS PANES DE MOLDE

Tratamientos	Muestras	Luminosidad	a	b	Cromacidad	Angulo tonalidad, h	H (grados sexagesimales)
T1	1	63.93	0.08	20.540	20.540	1.567	89.777
	2	60.62	0.72	20.490	20.503	1.536	87.987
	3	61.42	1.44	23.160	23.205	1.509	86.442
	promedio	61.990	0.747	21.397	21.410	1.536	88.001
T2	1	54.51	0.95	22.880	22.900	1.529	87.622
	2	55.19	1.71	27.690	27.743	1.509	86.466
	3	59.84	0.77	27.170	27.181	1.542	88.376
	Promedio	56.513	1.143	25.913	25.939	1.527	87.473
T3	1	64.22	0.1	18.800	18.800	1.565	89.695
	2	63.57	0.42	18.390	18.395	1.548	88.691
	3	69.9	0.02	20.280	20.280	1.570	89.943
	Promedio	65.897	0.180	19.157	19.158	1.561	89.461
T4	1	52.38	0.49	25.030	25.035	1.551	88.878
	2	60.08	1.15	28.060	28.084	1.530	87.653
	3	53.52	0.95	24.310	24.329	1.532	87.762
	Promedio	55.327	0.863	25.800	25.814	1.537	88.083
T5	1	65.71	0.37	18.570	18.574	1.551	88.858
	2	62.3	0.02	16.870	16.870	1.570	89.932
	3	62.31	1.22	19.320	19.358	1.508	86.387
	Promedio	63.440	0.537	18.253	18.261	1.541	88.316
T6	1	57.83	0.68	26.470	26.479	1.545	88.528
	2	59.43	0.87	26.980	26.994	1.539	88.153
	3	58.02	0.16	23.890	23.891	1.564	89.616
	Promedio	58.427	0.570	25.780	25.786	1.549	88.733
T7	1	64.27	0.17	24.740	24.741	1.564	89.606
	2	60.26	0.02	20.190	20.190	1.570	89.943
	3	62.27	0.01	23.700	23.700	1.570	89.976
	Promedio	62.267	0.067	22.877	22.877	1.568	89.833
T8	1	62.21	-0.03	22.690	22.690	-1.569	-89.924
	2	63.61	-0.33	20.170	20.173	-1.554	-89.062
	3	66.16	-0.2	23.770	23.771	-1.562	-89.518
	Promedio	63.993	-0.187	22.210	22.211	-1.562	-89.518
T9	1	66.7	0.83	20.440	20.457	1.530	87.674
	2	66.32	0.29	19.870	19.872	1.556	89.164
	3	66.1	0.39	20.400	20.404	1.552	88.905
	Promedio	66.373	0.503	20.237	20.243	1.546	88.575
T10	1	67.61	-0.11	23.250	23.250	-1.566	-89.729
	2	64.35	-0.72	21.510	21.522	-1.537	-88.083
	3	68.01	-0.18	23.790	23.791	-1.563	-89.566
	Promedio	66.657	-0.337	22.850	22.852	-1.556	-89.156
T11	1	69.13	-0.48	23.320	23.325	-1.550	-88.821
	2	67.98	0.52	25.800	25.805	1.551	88.845
	3	60.03	0.55	23.220	23.227	1.547	88.643
	Promedio	65.713	0.197	24.113	24.114	1.563	89.533
PATRON	1	79.02	-2.55	13.530	13.768	-1.385	-79.326
	2	82.19	-2.65	13.870	14.121	-1.382	-79.183
	3	82.58	-2.62	13.800	14.047	-1.383	-79.250
	Promedio	81.263	-2.607	13.733	13.979	-1.383	-79.253

ANEXO 5: INFORME DE ENSAYO N° 2614-16 LABORATORIOS COLECBI SAC



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” SAC

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

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2614-16

SOLICITADO POR : CESAR MORENO ROJO.
DIRECCIÓN : Urb. Bellamar S/N Nuevo Chimbote UNS
PRODUCTO DECLARADO : PAN DE MOLDE CON HARINA DE CASCARA DE MANGO (VARIEDAD KENT)
CANTIDAD DE MUESTRA : 12 muestra x 200g c/u
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-08-12
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-08-12
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2016-08-13
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico
CODIGO COLECBI : SS 001396-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	Proteínas (%) Factor 6,25	Grasa (%)
T-01	11,62	9,48
T-02	11,21	9,78
T-03	10,73	9,19
T-04	10,49	9,40
T-05	11,40	9,48
T-06	10,34	8,15
T-07	10,98	8,90
T-08	10,71	8,97
T-09	10,63	10,03
T-10	10,70	8,40
T-11	10,77	9,07
T-12	12,00	6,33

METODOLOGIA EMPLEADA

Grasa : UNE 64021 1970

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Agosto 15 del 2016.
 DVV/jms

Denis M. Vargas Yepéz
 Jefe de Laboratorio
 Físico Químico
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-RIE
 Rev. 04
 Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839-2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

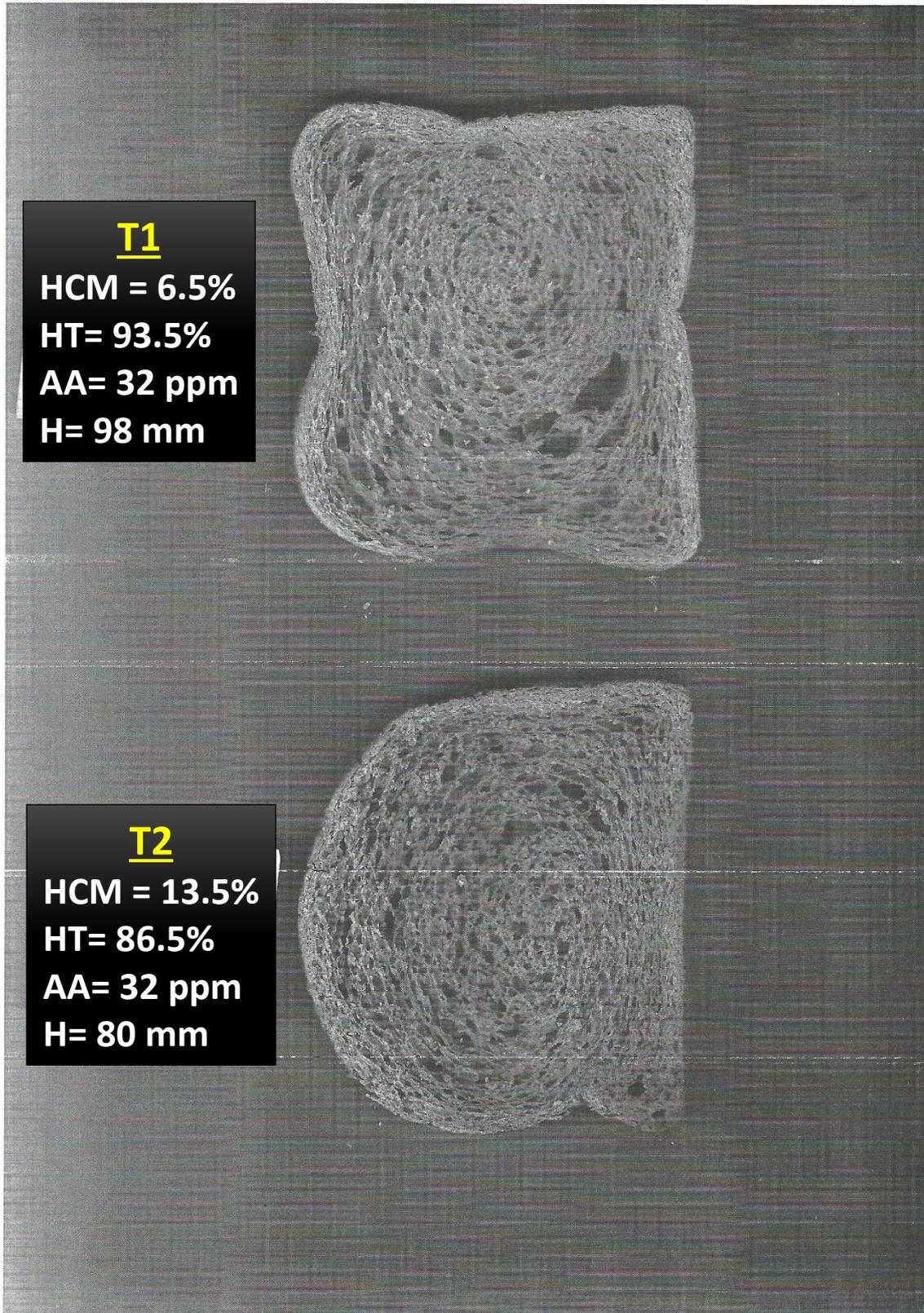
Web: www.colecbi.com

**ANEXO 6: DATOS PARA EVALUAR EL ANALISIS SENSORIAL DE LOS
PANES DE MOLDE**

**ANEXO 7: DATOS PARA EVALUAR EL ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA
DE LOS PANES DE MOLDE**

**ANEXO 8: DATOS PARA EVALUAR FDT, FDI Y FDS EN LOS PANES DE
MOLDE**

ANEXO 9: FOTOS DE LAS REBANADAS DE PANES DE MOLDE PARA VISUALIZAR LAS CELDAS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS



T1

HCM = 6.5%

HT= 93.5%

AA= 32 ppm

H= 98 mm

T2

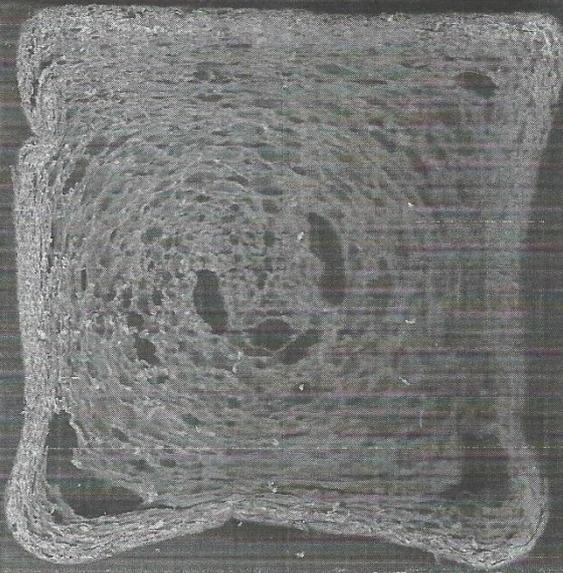
HCM = 13.5%

HT= 86.5%

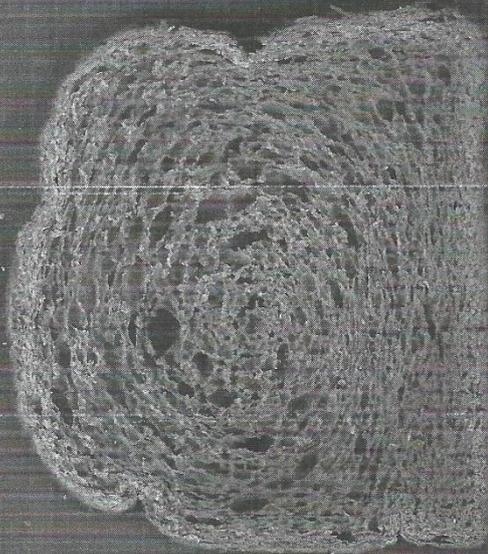
AA= 32 ppm

H= 80 mm

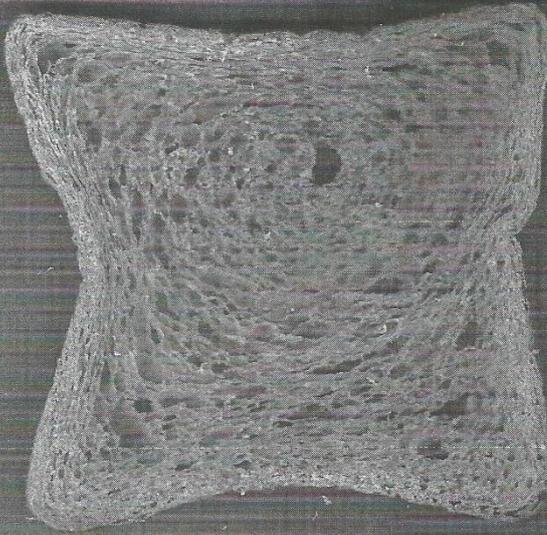
T3
HCM = 6.5%
HT= 93.5%
AA= 88 ppm
H= 100 mm



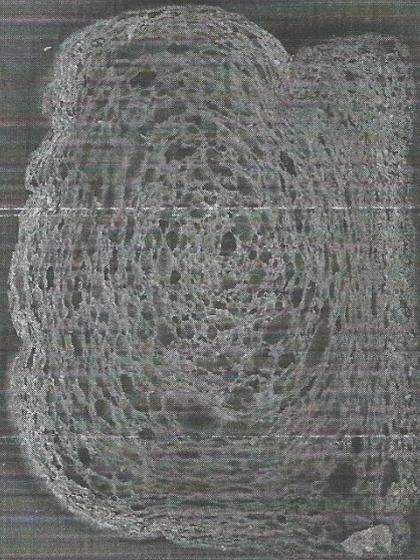
T4
HCM = 13.5%
HT= 86.5%
AA= 88 ppm
H= 90 mm



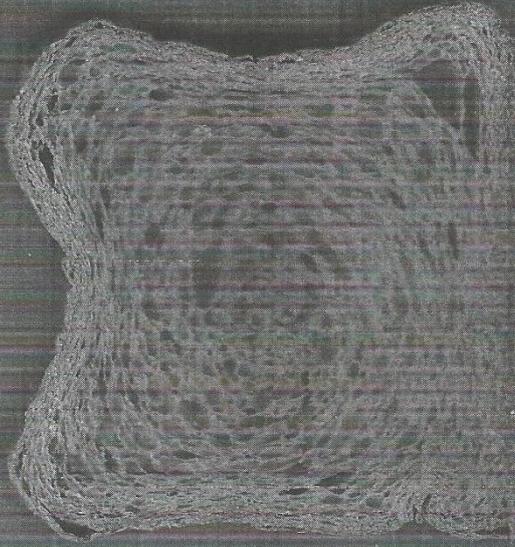
T5
HCM = 5%
HT= 95%
AA= 60 ppm
H= 95 mm



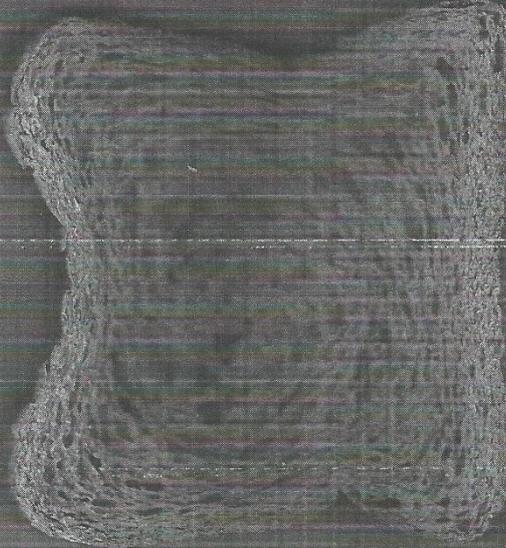
T6
HCM = 15%
HT= 85%
AA= 60 ppm
H= 70 mm



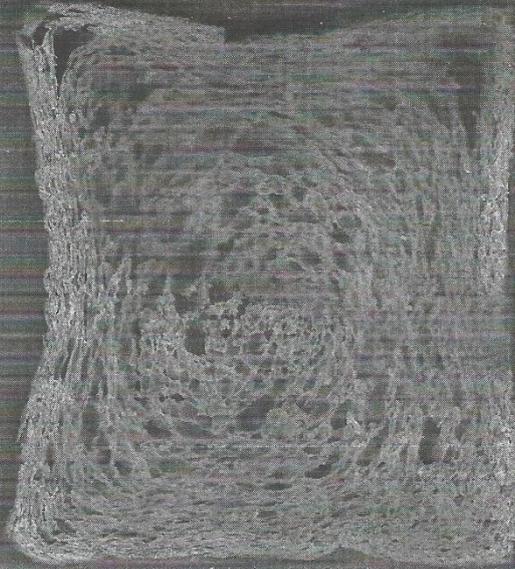
T7
HCM = 10%
HT= 90%
AA= 20 ppm
H= 90 mm



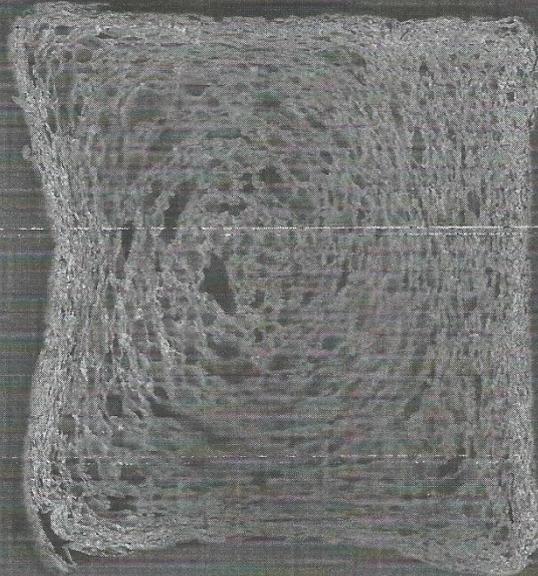
T8
HCM = 10%
HT= 90%
AA= 100 ppm
H= 90 mm



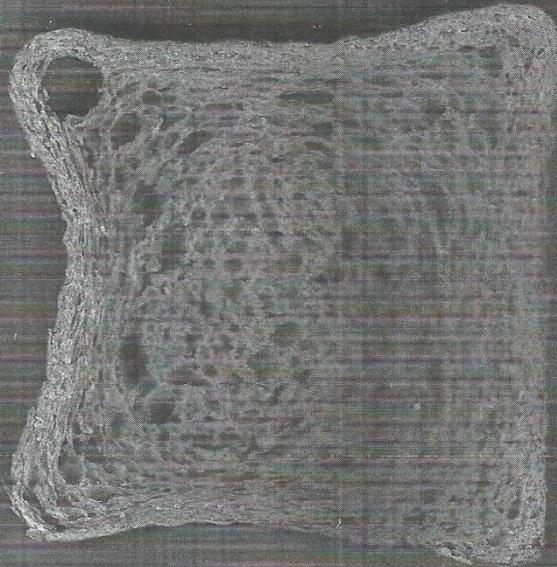
T9
HCM = 10%
HT= 90%
AA= 60 ppm
H= 90 mm



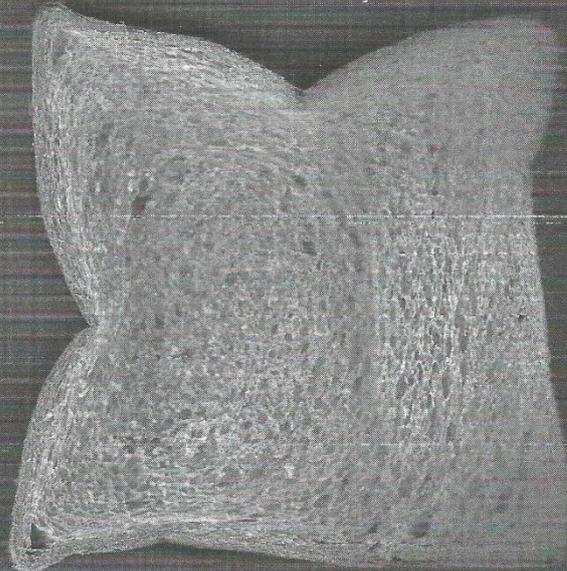
T10
HCM = 10%
HT= 90%
AA= 60 ppm
H= 95 mm



T11
HCM = 10%
HT= 90%
AA= 60 ppm
H= 90 mm



T12
HCM = 0%
HT= 100%
AA= 0 ppm
H= 100 mm



**ANEXO 10: INFORME DE DATOS DEL EQUIPO TEXTUREPRO
CTV1.4BUILD17 PARA EL ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS
PANES DE MOLDE**

