

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE ALIMENTOS



**OBTENCION DE UNA HARINA COMPUESTA DE TRIGO,
SEMILLA DE OJUSHTE (*Brosimum alicastrum*) Y DE
PLATANO (*Musa sapientum*), PARA LA FORMULACION DE
PRODUCTOS DE PANADERIA**

PRESENTADO POR:
**ISAAC SALOMÓN ALVARADO COLORADO
MARCELA MARÍA MIRANDA TORRES
GABRIELA BEATRÍZ ROSALES BARRERA
ILIANA YORMY TOBAR MENJÍVAR**

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE ALIMENTOS

DIRECTORA :

INGA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE
ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Título :

**OBTENCION DE UNA HARINA COMPUESTA DE TRIGO,
SEMILLA DE OJUSHTE (*Brosimum alicastrum*) Y DE
PLATANO (*Musa sapientum*), PARA LA FORMULACION DE
PRODUCTOS DE PANADERIA**

Presentado por :

**ISAAC SALOMÓN ALVARADO COLORADO
MARCELA MARÍA MIRANDA TORRES
GABRIELA BEATRÍZ ROSALES BARRERA
ILIANA YORMY TOBAR MENJÍVAR**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

INGA. SARA ELISABETH ORELLANA CLAROS

San Salvador, febrero 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

INGA. SARA ELISABETH ORELLANA CLAROS

RESUMEN

Se formuló una harina compuesta a partir de trigo, semilla de ojushte y plátano con el fin de elaborar productos de panificación (pan tipo francés y galleta tipo margarita) con buen valor nutricional. Actualmente los procedimientos artesanales utilizados para la obtención de harina de ojushte, provocan la descomposición de los azúcares en el fruto e incrementan el sabor amargo propio de la semilla. Para controlar estos cambios, se estableció la temperatura y el proceso de secado en los cuales se conservaran las propiedades nutricionales y se obtuviera buenas características organolépticas.

Para la obtención de la harina se determinaron indicadores de temperatura de secado de 155°C durante 10.5 horas para la harina de ojushte y de 135°C y 4 horas para la harina de plátano. La determinación de las formulaciones adecuadas para la harina compuesta se obtuvo mediante el uso del método de vértices extremos que generó un total de cinco formulaciones. De las pruebas preliminares de aceptabilidad se obtuvieron tres formulaciones cuyas proporciones fueron de 81:15:4, 75:15:10, 70:23:7 (trigo: ojushte: plátano). Elaborados los productos con las tres proporciones indicadas se realizaron pruebas finales de aceptabilidad, la formulación con mayor aceptación en ambos productos fue la compuesta por 75% trigo, 15% ojushte y 10% plátano. Al conocer la formulación más aceptada por los panelistas, se establecieron parámetros de almacenamiento y calidad para la harina y el producto terminado, para establecer dichos parámetros, se llevaron a cabo pruebas de caracterización de harinas y pruebas fisicoquímicas que fueron completadas con un análisis proximal.

Para garantizar la inocuidad de los productos, se llevaron a cabo los análisis microbiológicos exigidos por RTCA 67.01.15:07 *Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones*, y la NSO 67.30.01:04 *Productos de Panadería Clasificación y especificaciones del pan dulce*. Tanto los parámetros fisicoquímicos como los microbiológicos cumplieron las especificaciones para harina compuesta y productos terminados. Con los datos obtenidos a través del análisis proximal, se elaboraron las etiquetas nutricionales de los productos. Además se realizó un estudio preliminar de costos a nivel de laboratorio, obteniendo que el pan tipo francés y la galleta tipo margarita se elaboran a bajo costo por lo que pueden ser una alternativa novedosa para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN	i
OBJETIVOS	1
ALCANCES	2
JUSTIFICACIÓN	4
ACRÓNIMOS	5
1. MARCO TEÓRICO	8
1.1. Aspectos generales del trigo (<i>Triticum aestivum</i>).....	12
1.1.1. Aspectos botánicos y agronómicos.....	12
1.1.2. Procesamiento.....	13
1.1.3. Almacenamiento	13
1.1.4. Productos de trigo	14
1.1.5. Importancia y usos	15
1.1.6. Distribución geográfica	16
1.1.7. Importaciones de trigo	17
1.2. Aspectos generales del ojushte (<i>Brosimum alicastrum</i>)	18
1.2.1. Aspectos botánicos y agronómicos.....	19
1.2.2. Requerimientos ambientales	20
1.2.3. Reproducción, crecimiento y producción de la semilla de ojushte	21
1.2.4. Distribución geográfica	24
1.2.5. Importancia y empleo en el consumo humano	27
1.2.6. Composición química y valor nutricional del ojushte	27
1.3. Aspectos generales del plátano (<i>Musa sapientum</i>)	29

ÍNDICE

Pág.

1.3.1. Distribución geográfica	29
1.3.2. Variedades de cultivo de plátano	30
1.3.3. Contenido nutricional del plátano.....	30
1.3.4. Control de calidad del plátano	31
1.3.5. Importaciones de plátano	31
1.3.6. Exportaciones de plátano	32
1.4. Aspectos generales sobre la industria de la panificación en El Salvador	33
1.4.1. Molinería en El Salvador	34
1.5. Principales características de las harinas que se utilizan en panificación	36
1.5.1. Harina de trigo	36
1.5.2. Harina de ojushte	40
1.5.3. Harina de plátano	40
1.6. Uso de harinas compuestas en la elaboración de pan	41
1.7. Propiedades y características físicas y químicas que se determinan en las harinas para productos de panificación	42
1.8. Materias primas utilizadas en la formulación de productos de panificación	46
1.8.1. Agentes leudantes	46
1.8.2. Otras materias primas	49
1.9. Proceso de formación de masa para panadería	50
2. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA LA INVESTIGACIÓN	55
2.1. Proceso experimental de obtención de las harinas	55
2.2. Determinación de las composiciones de las harinas formuladas	57

ÍNDICE

Pág.

2.2.1. Elección del diseño experimental para la formulación de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano.....	58
2.3. Proceso de elaboración de los productos de panificación.....	59
2.4. Evaluación de aceptabilidad.....	60
2.4.1. Prueba de aceptabilidad por ordenamiento.....	60
2.4.2. Pruebas Hedónicas.....	61
2.5. Evaluación de las harinas y los productos elaborados.....	62
2.5.1. Caracterización de propiedades de masas de partículas de la harina compuesta.....	62
2.5.2. Evaluación de las harinas y de los productos elaborados.....	63
3. ETAPA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINAS Y PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.....	66
3.1. Elaboración de la curva de secado.....	66
3.1.1. Curva de secado de semillas de ojushte.....	66
3.1.2. Curva de secado del plátano.....	74
3.1.3. Resultados de las curvas de secado de las semillas de ojushte y rodajas de plátano.....	80
3.2. Proceso experimental de obtención de harinas.....	80
3.2.1. Materias primas empleadas.....	80
3.2.2. Obtención de harina de trigo.....	81
3.2.3. Obtención de harina de ojushte.....	81
3.2.4. Obtención de harina de plátano.....	83
3.3. Formulación de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano.....	86

ÍNDICE

Pág.

3.4. Elaboración de productos de panificación	88
3.4.1. Formulación de productos de panadería	89
4. EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS	97
4.1. Observaciones de pruebas preliminares de los productos de panificación	97
4.2. Análisis de resultados obtenidos en pruebas de aceptabilidad.....	98
4.2.1. Análisis cualitativo de los productos de panificación.....	98
4.2.2. Análisis cuantitativo de los productos de panificación.....	108
4.2.3. Análisis de resultados	116
5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA HARINA COMPUESTA Y LOS PRODUCTOS ELABORADOS	118
5.1. Caracterización de propiedades de masas de partículas de las harinas formuladas	118
5.1.1. Harina para pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano	118
5.1.2. Harina para galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano.....	127
5.2. Evaluación fisicoquímica de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano y productos de panificación	133
5.2.1. Harina para pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano	134
5.2.2. Análisis fisicoquímicos para harina para galleta de trigo, ojushte y plátano.....	137
5.2.3. Análisis fisicoquímicos para pan tipo francés de harina de trigo, ojushte y plátano.....	140
5.2.4. Análisis fisicoquímicos para galleta tipo margarita de harina de trigo, ojushte y plátano	142
5.3. Evaluación microbiológica de las harinas y productos formulados	144
5.3.1. Resultados de análisis microbiológicos de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano para pan tipo francés y galleta tipo margarita	144

ÍNDICE

Pág.

5.3.2. Resultados de análisis microbiológicos para pan tipo francés y galleta tipo margarita	144
5.4. Diseño de etiqueta nutricional para pan tipo francés y galleta tipo margarita	145
5.4.1. Pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano.....	146
5.4.2. Galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano.....	150
5.4.3. Estimación preliminar de pérdidas de componentes nutricionales durante el procesamiento.....	154
5.5. Empaque para productos de panificación	155
5.6. Costos de producción de pan tipo francés y galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano a escala de laboratorio	156
5.6.1. Obtención de harina de ojushte.....	156
5.6.2. Obtención de harina de plátano.....	158
5.6.3. Producción de pan tipo francés y galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano a escala de laboratorio.....	161
OBSERVACIONES	165
CONCLUSIONES	166
RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA.....	171
GLOSARIO DE TÉRMINOS	178
ANEXOS	179

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.1. Tipos de harinas compuestas usadas en la elaboración de diferentes tipos de alimentos	9
Tabla 1.2. Ejemplos de suplementos para alimentos populares a base de cereales que son distintos del trigo.....	10
Tabla 1.3. Productos derivados del trigo	15
Tabla 1.4. Contenido nutricional del trigo.....	16
Tabla 1.5. Principales productos de trigo importado por El Salvador.....	18
Tabla 1.6. Clima y suelo adecuados para el crecimiento del árbol de ojushte	21
Tabla 1.7. Catálogo de zonas documentadas que poseen árboles de semilla de ojushte.....	21
Tabla 1.8. Entidades promotoras de productos a partir de semillas de ojushte	26
Tabla 1.9. Contenido nutricional de ojushte.....	28
Tabla 1.10. Contenido nutricional del plátano	30
Tabla 1.11. Parámetros para el control de calidad del plátano	31
Tabla 1.12. Volumen de importación salvadoreño de plátano y su valor en dólares	32
Tabla 1.13. Volumen de exportación de plátano salvadoreño a otros países y su valor en dólares.....	33
Tabla 1.14. VII Censo económico de establecimientos que se dedicaban a la panadería en 2005	34
Tabla 1.15. Distribución en establecimientos de panadería de acuerdo con el número de empleados según el VII censo económico.....	35
Tabla 1.16. Aporte en el año 2004 para al ingreso total salvadoreño de los productos de molinería	36
Tabla 1.17. Composición química del trigo (expresada en % sobre peso seco).....	37
Tabla 1.18. Tipos de leudantes químicos en la industria panificadora.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.19 Tipos de leudantes físicos en la industria panificadora	47
Tabla 1.20 Tipos de leudantes biológicos en la industria panificadora.....	48
Tabla 1.21. Otras materias primas empleadas en los productos de panificación	49
Tabla 2.1. Tipos de métodos estadísticos adecuados según el objetivo perseguido en la investigación	58
Tabla 3.1. Diámetro y masas iniciales promedio de las muestras de ojushte usadas para la construcción de curvas de secado	67
Tabla 3.2. Datos experimentales de cambios en las masas de semillas de ojushte durante el proceso de secado.....	68
Tabla 3.3. Datos de los cambios en las semillas de ojushte para construcción de curvas de secado.....	72
Tabla 3.4. Diámetro y masas iniciales promedio de muestras de rodajas de plátano usadas para la construcción de curvas de secado.....	75
Tabla 3.5. Datos experimentales de los cambios en las masas de muestras de rodajas de plátano durante el proceso de secado.....	76
Tabla 3.6. Datos de los cambios en las rodajas de plátano para construcción de curvas de secado.....	78
Tabla 3.7. Características de las materias primas empleadas para la elaboración de productos de panadería.....	80
Tabla 3.8. Formulaciones de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano.....	87
Tabla 3.9. Formulaciones de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, a partir de una base de 454 g.....	88
Tabla 3.10 Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de pan tipo francés.....	88
Tabla 3.11. Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de galletas tipo margarita	89

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 4.1. Observaciones de pruebas preliminares para pan tipo francés	97
Tabla 4.2. Observaciones de pruebas preliminares para galletas	98
Tabla 4.3. Tabla muestra la ficha de análisis sensorial para color	99
Tabla 4.4. Datos obtenidos para pan francés en la prueba de ordenamiento.....	100
Tabla 4.5. Diferencias entre el total de pares del atributo color para pan tipo francés	101
Tabla 4.6. Diferencias entre el total de pares del atributo olor para pan tipo francés	101
Tabla 4.7. Diferencias entre el total de pares del atributo textura para pan tipo francés.....	102
Tabla 4.8. Diferencias entre el total de pares del atributo sabor para pan tipo francés	102
Tabla 4.9. Diferencias entre el total de pares del atributo aroma para pan tipo francés.....	103
Tabla 4.10. Resumen de resultados obtenidos en análisis cualitativo para pan tipo francés..	103
Tabla 4.11. Diferencia entre el total de pares del atributo color para galletas tipo margarita	104
Tabla 4.12. Datos obtenidos para galleta tipo margarita en la prueba de ordenamiento.....	105
Tabla 4.13. Diferencia entre el total de pares del atributo olor para galletas tipo margarita..	106
Tabla 4.14. Diferencia entre el total de pares del atributo textura para galletas	106
Tabla 4.15. Diferencia entre el total de pares del atributo sabor para galletas	107
Tabla 4.16. Diferencia entre el total de pares del atributo aroma para galletas.....	107
Tabla 4.17. Resumen de resultados obtenidos en análisis cualitativo para galletas	107
Tabla 4.18. Escala hedónica utilizada para la prueba de aceptabilidad.....	108
Tabla 4.19. Puntajes obtenidos en las pruebas hedónicas para pan tipo francés	109
Tabla 4.20. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para pan tipo francés.....	110
Tabla 4.21. Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan para pan tipo francés	112

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 4.22. Resumen de resultados obtenidos en análisis cuantitativo para pan tipo francés.....	112
Tabla 4.23. Datos de las prueba hedónicas para galletas tipo margarita	113
Tabla 4.24. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para galletas tipo margarita	114
Tabla 4.25. Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan para galletas tipo margarita	115
Tabla 4.26. Resumen de resultados obtenidos en análisis cuantitativo para galleta tipo margarita	116
Tabla 5.1. Ángulo de reposo obtenido para la harina para pan tipo francés	119
Tabla 5.2. Ángulos de caída obtenidos para la harina para pan tipo francés.....	119
Tabla 5.3. Ángulos de espátula obtenidos para la harina para pan tipo francés	120
Tabla 5.4. Ángulos de fricción interna obtenidos para la harina para pan tipo francés	121
Tabla 5.5. Datos de densidad aireada de harina para pan tipo francés	123
Tabla 5.6. Datos de densidad empacada de harina para pan tipo francés.....	124
Tabla 5.7. Datos para densidad aparente de harina para pan tipo francés	125
Tabla 5.8. Porcentaje de cohesión de harina para pan tipo francés	126
Tabla 5.9. Análisis de fluidibilidad de harina para pan tipo francés	126
Tabla 5.10. Porcentaje retenido de harina para pan tipo francés	127
Tabla 5.11. Ángulos de reposo obtenidos para la harina para galleta tipo margarita.....	127
Tabla 5.12. Ángulos de caída obtenidos para la harina para galleta tipo margarita.....	128
Tabla 5.13. Ángulos de espátula obtenidos para la harina para galleta tipo margarita	128
Tabla 5.14. Ángulos de fricción interna obtenidos para la harina para galleta tipo margarita	129
Tabla 5.15. Datos para densidad aireada de harina para galleta tipo margarita	130

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 5.16. Datos para densidad empacada de harina para galleta tipo margarita.....	131
Tabla 5.17. Datos para densidad aparente de harina para galleta tipo margarita	132
Tabla 5.18. Porcentaje de cohesión de harina para galleta tipo margarita	132
Tabla 5.19. Análisis de fluidibilidad de harina para galleta tipo margarita.....	133
Tabla 5.20. Porcentaje retenido de harina para galleta tipo margarita	133
Tabla 5.21. Datos para la estandarización de la solución de Biftalato de potasio.....	134
Tabla 5.22. Datos de acidez de harina para pan tipo francés.....	134
Tabla 5.23. Datos obtenidos en análisis de humedad de harina para pan tipo francés.....	136
Tabla 5.24. Datos obtenidos en análisis de cenizas en harina para pan tipo francés.....	137
Tabla 5.25. Datos para acidez en grasa para harina para galleta tipo margarita	137
Tabla 5.26. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en harina para galleta tipo margarita	139
Tabla 5.27. Datos experimentales obtenidos para análisis de cenizas.....	139
Tabla 5.28. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en pan tipo francés .	140
Tabla 5.29. Datos experimentales obtenidos para análisis de acidez en pan tipo francés.....	141
Tabla 5.30. Datos de análisis de cloruro de sodio en muestra de pan tipo francés	141
Tabla 5.31. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en galletas.....	142
Tabla 5.32. Datos experimentales obtenidos para análisis de acidez en galletas.	143
Tabla 5.33. Datos de análisis de cloruro de sodio en muestra galletas.....	143
Tabla 5.34. Resultados de análisis microbiológicos a harinas de trigo, plátano y ojushte.....	144
Tabla 5.35. Resultados de análisis microbiológicos a productos de panificación a base de trigo, plátano y ojushte.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 5.36. Valores Diarios Recomendados para consumo humano sugeridos por la FAO/OMS	147
Tabla 5.37. Resultados del cálculo de valor energético para pan tipo francés de ojushte, trigo y plátano	147
Tabla 5.38. Contenido nutricional de pan tipo francés de ojushte, trigo y plátano por porción de 30 g y su %VDR	147
Tabla 5.39. Comparación entre valores de referencia para pan francés del INCAP y los obtenidos para pan tipo francés a partir de harina compuesta	148
Tabla 5.40. Valor energético para la galleta tipo margarita a partir de harina compuesta	151
Tabla 5.41. Contenido nutricional de galleta tipo margarita de ojushte, trigo y plátano por porción de 25 g y su %VDR	151
Tabla 5.42. Comparación entre galleta de marca comercial y galleta tipo margarita a partir de harina compuesta	152
Tabla 5.43. Resumen de costos para obtención de harina de ojushte	158
Tabla 5.44. Resumen de costos para obtención de harina de plátano	160
Tabla 5.45. Costo de materias primas para producción de pan tipo francés a partir de harina compuesta a escala de laboratorio	161
Tabla 5.46. Costo de materias primas para producción de galleta tipo margarita a partir de harina compuesta	161
Tabla 5.47. Costo de amasado para producción de pan tipo francés. A partir de harina compuesta	162
Tabla 5.48. Costo de amasado para producción de galletas a partir de harina compuesta	163
Tabla 5.49. Resumen de costos totales para la elaboración de pan tipo francés y galleta tipo margarita a partir de harina compuesta	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Distribución de la producción de trigo en el mundo (Expresado en toneladas).....	17
Figura 1.2. Árbol de ojushte	19
Figura 1.3. Ventajas del establecimiento de un vivero de <i>B. alicastrum</i>	19
Figura 1.4. Tamaño aproximado de la semilla de ojushte	23
Figura 1.5. Coloración de los frutos de ojushte durante su crecimiento	24
Figura 1.6. Ubicación geográfica de árboles de ojushte en El Salvador	25
Figura 1.7. Injertos de árboles de ojushte de la Universidad de El Salvador	27
Figura 1.8. Comparación nutricional de ojushte vs. maíz, trigo y avena	29
Figura 1.9. Importaciones de plátano en toneladas métricas por año en El Salvador	32
Figura 1.10. Diferentes tipos de levadura (de izquierda a derecha): levadura seca, fresca e instantánea	48
Figura 1.11. Etapas de la masa en el desarrollo de gluten	52
Figura 2.1. Resumen de actividades llevadas a cabo para el desarrollo del trabajo de investigación	56
Figura 3.1. Semillas de ojushte antes y después de la etapa de secado	67
Figura 3.2. Gráfica humedad vs. Tiempo para las semillas de ojushte. Curva de regresión ...	73
Figura 3.3. Gráfica flujo vs. Humedad para las semillas de ojushte. Curva de regresión	74
Figura 3.4. Imagen de las rodajas de plátano después de la etapa de secado	75
Figura 3.5. Gráfica Humedad vs. Tiempo para las rodajas de plátano. Curva de regresión	79
Figura 3.6. Gráfica Flux vs. Humedad para las rodajas de plátano. Curva de regresión	79
Figura 3.7. Proceso experimental para la obtención de harina de ojushte	82
Figura 3.8. Proceso experimental para la obtención de harina de plátano	85
Figura 3.9. Procedimiento experimental para elaboración de pan francés	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 3.10. Procedimiento experimental para la elaboración de galletas	93
Figura 5.1. Aparato usado para medición de ángulo de reposo, caída y espátula.	120
Figura 5.2. Gráfica de Presión (Pa) vs. Altura (cm), para la obtención del ángulo de fricción interna	122
Figura 5.3. Arreglo usado para la medición del ángulo de fricción interna	122
Figura 5.4. Sistema para la medición de densidad aireada	123
Figura 5.5. Harina empacada	125
Figura 5.6. Tamices usados para análisis de cohesión	126
Figura 5.7. Gráfica de Presión (Pa) vs. Altura (cm), para la obtención del ángulo de fricción interna	130
Figura 5.8. Resultados de análisis de acidez en grasa en harina	135
Figura 5.9. Resultados de análisis de humedad en harina	136
Figura 5.10. Resultados de análisis de cenizas en harina	137
Figura 5.11. Resultados de análisis de acidez en grasa en harina	138
Figura 5.12. Resultados de análisis de humedad en harina	138
Figura 5.13. Resultados de análisis de cenizas en harina	139
Figura 5.14. Resultados de análisis de humedad en pan francés	140
Figura 5.15. Resultados de análisis de acidez en pan francés	141
Figura 5.16. Resultados de análisis de humedad en galletas	142
Figura 5.17. Resultados de análisis de acidez en galleta	143
Figura 5.18. Etiqueta nutricional para pan francés de harina compuesta	150
Figura 5.19. Etiqueta nutricional para galleta a partir de harina compuesta	153

INTRODUCCIÓN

El territorio salvadoreño depende mucho del proceso siembra-cosecha, principalmente de los cultivos de mayor producción como azúcar, frijol, maíz, etc. Sin embargo, existen muchas fuentes de alimentos que por diversos motivos no han sido explotados a pesar de poseer altos valores nutritivos, como es el caso del sorgo, mijo, ojushte, etc. Debido a este potencial, se despertó el interés sobre la recopilación de información de la semilla de ojushte la cual posee buenas características nutricionales.

En la sociedad salvadoreña la disponibilidad de alimentos que posean un alto contenido nutricional y que sean fáciles de adquirir, es importante, ya que en muchos casos no se disponen de alimentos sanos que estén al alcance de toda la población. Es debido a esto que surge la idea de formular productos de panificación que suplan nutrientes a bajo costo, que sean agradables a los consumidores, y que además tengan entre sus componentes materias primas propias del territorio salvadoreño. Al examinar diversas alternativas con alto contenido nutricional, sobresale la semilla de ojushte (*Brosimum alicastrum*), la cual es una semilla de árboles propios de la región mesoamericana. La semilla de ojushte, se caracteriza por poseer un contenido de proteína ligeramente superior o igual al trigo, además de mayor contenido de calcio y magnesio. Las semillas al ser secadas, pueden ser empleadas en la elaboración de diferentes platillos, y al ser molidas sirven como ingredientes de bebidas y harinas,

Debido a que la harina de trigo para panificación puede ser sustituida con otras harinas hasta en un máximo de 30% se tiene la posibilidad de mezclarla con harina de semilla de ojushte y producir una harina compuesta para la elaboración de productos de panificación, sin embargo, la semilla de ojushte procesada de forma artesanal posee un sabor amargo que no es agradable al paladar y necesita ser enmascarado, por lo cual se lleva a cabo la incorporación de harina de plátano en proporciones que permitan la disminución de dicho sabor amargo sin afectar propiedades de una masa panificable.

OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener y formular una harina compuesta de trigo (*Triticum aestivum*), ojushte (*Brosimum alicastrum*) y plátano (*Musa sapientum*) que posea características funcionales para su utilización en la elaboración de productos de panadería.

Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio bibliográfico acerca de los fundamentos teóricos y metodológicos de los procesos de obtención y formulación de harinas compuestas.
- Elaborar por separado la harina de ojushte y de plátano que se utilizará para formular la harina compuesta a base de trigo.
- Formular la composición de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano que posea características funcionales para su utilización en la elaboración de productos de panadería.
- Caracterizar las mezclas de harina de trigo, ojushte y plátano adecuadas para ser utilizadas en panificación y establecer sus propiedades físicas para el almacenamiento.
- Formular productos de panadería tipo pan francés y galletas, a partir de las mezclas seleccionadas y analizar sensorialmente su aceptabilidad.
- Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la mezcla de harinas obtenidas y a los productos terminados.
- Evaluar el aporte nutritivo de los nuevos productos a través del análisis proximal y elaborar su etiqueta nutricional de acuerdo con la legislación nacional vigente.

ALCANCES

- Se realizó una investigación bibliográfica y de campo sobre los cultivos de semilla de ojushte y de plátano, así como de la elaboración de harinas a nivel artesanal.
- Se obtuvo por separado la harina de ojushte y de plátano que se utilizó para formular la harina compuesta a base de trigo.
- La formulación de la composición de la harina se realizó a base de trigo y de la sustitución parcial de este por harina de ojushte y de plátano.
- Se desarrolló el diseño experimental para la formulación de la mezcla de harina de características funcionales para su utilización en la elaboración de productos de panadería como pan tipo francés y galletas tipo margarita.
- Se realizó la caracterización física de la mezcla de harinas obtenidas y se utilizaron para la elaboración de productos de panadería como pan tipo francés y galletas tipo margarita.
- Se aprovechó la composición nutricional del ojushte y el plátano, para contribuir a mejorar la calidad nutricional de los productos de panificación elaborados.
- Se realizaron análisis de las propiedades nutricionales de los productos formulados, para la elaboración de su respectiva etiqueta nutricional.
- Se estudiaron las propiedades organolépticas y reológicas de los productos elaborados mediante la realización de un panel de evaluación de aceptabilidad de los mismos.
- Se realizaron diferentes pruebas fisicoquímicas para determinar la calidad de la mezcla de harina formulada y de los productos terminados. Los análisis que se realizaron para la harina compuesta fueron humedad, proteínas, acidez en grasa y cenizas. Para los productos elaborados acidez, cloruro de sodio, humedad y hierro.

- Se realizaron diferentes pruebas microbiológicas para determinar la inocuidad de la harina compuesta formulada y de los productos terminados. A las harinas compuestas se le realizaron el recuento de mohos y levaduras. Y para los productos terminados: *E coli*, recuento de mohos y levaduras, *Salmonella* y aerobios totales.

JUSTIFICACIÓN

Los beneficios de la elaboración de productos de panadería a base de harina de trigo, ojushte y plátano son varios, en el caso del trigo posee un alto contenido de proteínas (aproximadamente 13%), además de proveer minerales como hierro, magnesio, fósforo, potasio, zinc, cobre y manganeso. El trigo no es propio de la región por lo que es importado en su totalidad, manteniendo precios constantes a lo largo del año. De acuerdo a datos del Banco Central de Reserva las importaciones de trigo para El Salvador, superan los 5 millones de quintales anuales (Sanabria, C., 2014). El ojushte es un producto autóctono de El Salvador, al provenir de un árbol nativo de los bosques tropicales, además no requiere de muchos conocimientos o cuidados técnicos para su cultivo, tampoco requiere la aplicación de químicos ni fertilizantes para su crecimiento. El ojushte es un cultivo rico en proteínas (12-20%) y vitaminas A, B2 y Niacina (FUNDEYSRAM, 2013). En tanto que el plátano es un cultivo de amplia distribución por su adaptación a los climas tropicales, además de ser rico en vitaminas A y C y minerales como el potasio, magnesio y fósforo. En El Salvador el área estimada del cultivo de ojushte es de aproximadamente 3,574 manzanas con una producción de 78,000 toneladas métricas, por otra parte el área destinada al cultivo de plátano en de 1,960 hectáreas, con una producción de 24, 792,727 Kg de frutos (CENTA, 2002).

Debido a que el ojushte tiene un mayor valor nutricional comparado con el trigo, producir alimentos a base de harinas de trigo, ojushte y plátano proveerá un mayor valor nutricional, beneficiando a los consumidores y principalmente ayudaría a disminuir la desnutrición infantil, siendo accesibles económicamente. Además al elaborar una harina compuesta de trigo, ojushte y plátano se estaría obteniendo beneficios para un país no productor de trigo como es el caso de El Salvador, ya que el ojushte y el plátano como sustituyentes del trigo en una harina compuesta, colaborarían a disminuir la desnutrición infantil, la cual según el mapa del hambre El Salvador 2011, a través del Programa Mundial de Alimentos (WFP) de las Naciones Unidas identifica que el 19.2% de niños entre 6 meses- 5 años sufren de desnutrición crónica, y existen 26 municipios con índices de desnutrición crónica por encima del 29% (WFP, 2012).

ACRÓNIMOS

ASTM	American Society for Testing Materials.
ANOVA	Análisis de Varianza.
BCR	Banco Central de Reserva
CH	Capacidad de hinchamiento
CRA	Capacidad de retención de agua
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CENSALUD	Centro de Investigación y Desarrollo en Salud
CNR	Centro Nacional de Registros
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
ENA	Escuela Nacional de Agricultura
DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censos
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FIAES	Fondo de la Iniciativa para las Américas
FUNDESYRAM	Fundación para el Desarrollo Socio Económico y Restauracion Ambiental
HR	Humedad Relativa
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
LDPE	Polietileno de baja densidad

MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAP	Programa Ambiental Mesoamericano
MOLSA	Molinos de El Salvador
NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAF	Programa de Agricultura Familiar
PIB	Producto Interno Bruto
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de vinilo
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano
SAS	Sulfato de aluminio sódico
Tm	Toneladas métricas
UES	Universidad de El Salvador
VDR	Valor Diario Recomendado
WFP	World Food Program

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

El término “harinas compuestas” fue creado en 1964 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución al problema alimentario enfrentado por los países que no producen trigo. Las harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, son mezclas elaboradas para producir alimentos a base de harina de trigo, como pan, pastas y galletas.

Las harinas compuestas también pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal y pueden o no contener harina de trigo.

Hay dos clases de harinas compuestas; la de trigo diluida en una mezcla de harina de trigo (un mínimo del 70% peso) con otras harinas (hasta en 30%), pudiéndose agregar otros componentes; la adición de una proteína suplementaria es opcional. Las condiciones generales de procesamiento y las propiedades del producto final son similares a las de la harina preparada con solamente trigo. La segunda clase de harinas compuestas no contienen trigo, se preparan mezclando cuatro partes de harina de tubérculos y una parte de harina de soya u otra proteína suplementaria. Estos productos difieren en sus características reológicas de los que se preparan a base de trigo exclusivamente.

En 1975, el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) propuso extender el concepto de harinas compuestas para incluir a otras harinas no necesariamente elaboradas a partir de cereales y tubérculos y que no se usaran únicamente para preparar productos de panadería. Tal es el caso de las harinas compuestas que se elaboran con cereales, plantas leguminosas, oleaginosas y otros productos, que se usan para preparar alimentos de alto valor nutritivo. Así, dentro del rubro de harinas compuestas se incluyeron dos grupos adicionales (INCAP, 1996):

- Los elaborados por la adición a los cereales de proteínas suplementarias.
- Los conformados por harinas compuestas a base de cereales, leguminosas u otras.

Como puede observarse en la Tabla 1.1, estas harinas también pueden prepararse a base de cereales y productos de origen vegetal distintos del trigo.

Tabla 1.1. Tipos de harinas compuestas usadas en la elaboración de diferentes tipos de alimentos

<p>A. Pan, pastas y galletas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Harina de trigo más otras harinas (obtenidas de cereales, raíces y tubérculos). • Harina de trigo más otras harinas y una proteína suplementaria. • Harina de trigo más una proteína. • Harina obtenida de raíces o tubérculos más una proteína suplementaria
<p>B. Alimentos populares a base de cereales distintos del trigo (tortillas, arepas, coladas, atoles y sopas).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Harina de maíz, arroz o avena más una proteína suplementaria. • Harina de leguminosas y otras fuentes
<p>C. Sustitutos de la leche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Combinación de harinas obtenidas de cereales, plantas oleaginosas y otras.

Fuente: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Guatemala, Guatemala, Centro América. Recuperado el 5 de marzo del 2015, de <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/PPNT006.pdf>

En la Tabla 1.2, se muestran ejemplos de estos dos tipos de harinas compuestas, algunos son específicos de Centroamérica. La FAO, en una recopilación de diferentes investigaciones, ha informado que podría producirse pan de harinas compuestas moliendo juntos el trigo con el mijo perla, proso mijo de los arrozales o coracán (FAO, 1995).

Se considera pertinente en esta investigación utilizar el concepto de harinas compuestas para designar el procedimiento de mezclar harina de trigo con harinas de cereales y leguminosas para elaborar productos de panificación y galletas. Sin embargo, la mezcla de harinas de otros cereales, de raíces y tubérculos de leguminosas u otras materias primas puede también considerarse como una tecnología de harinas compuestas.

Tabla 1.2. Ejemplos de suplementos para alimentos populares a base de cereales que son distintos del trigo

Suplementos para alimentos populares a base de cereales distintos del trigo (tortillas, arepas, coladas, atoles y sopas)	
Harinas compuestas de maíz, arroz y proteína suplementaria.	Harinas compuestas a base de plantas leguminosas y otros productos.
<p>Estas harinas se han diseñado para mejorar el valor nutritivo de los alimentos de amplio consumo. Las materias primas que se usan como suplementos pueden ser de origen animal o vegetal y deben tener por lo menos tres características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser fuentes de nutrientes que son deficientes en el alimento tradicional. • Ser capaces de suplir estas deficiencias al agregarse en cantidades relativamente pequeñas. • No alterar significativamente las propiedades físicas y organolépticas del alimento original. <p>Para elaborar estos productos se han desarrollado varias tecnologías, como las de fortificación y suplementación.</p> <p>Los suplementos más importantes se han desarrollado para fortificar alimentos producidos a base de cereales de maíz, arroz y trigo, los cuales abarcan una amplia gama de productos de consumo en la región; los más comunes e importantes han sido los aplicados a la tortilla de maíz y los que se usan para mejorar el contenido nutricional a las galletas.</p>	<p>La tecnología para la preparación de este tipo de harinas consiste en someter el grano a un proceso de cocción, deshidratación y molienda. El producto así obtenido está listo para consumo después de cocinarse.</p> <p>Este tipo de harina compuesta puede usarse en sopas de diferentes tipos y sabores o combinarse con otros alimentos en la preparación de sopas de alto valor nutritivo. El INCAP también ha desarrollado productos de esta naturaleza.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en información de Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Guatemala, Guatemala, Centro América. Recuperado el 5 de marzo del 2015, de <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/PPNT006.pdf>

Entre los usos de las harinas compuestas como alternativa para mejorar el valor nutricional de los alimentos, se incluyen tanto la industria de panificación como la producción de pastas, tortillas y alimentos suplementarios.

Una de las recomendaciones más destacables para lograr productos de alto valor nutritivo y bajo costo, es el mejoramiento de alimentos de consumo masivo, que por su origen sean deficientes, tal como ocurre con aquellos a base de cereales y tubérculos (pan, fideos, galletas, tortillas, etc.). El mejoramiento nutricional de los alimentos se puede obtener mediante la adición de proteínas, vitaminas, combinación con otros alimentos que tengan un mayor valor nutricional, o elaboración de harinas compuestas para incrementar sus beneficios nutricionales.

Buscar un mayor aporte nutricional, no significa que los cereales carezcan de utilidad o que no sean importantes en la nutrición humana. El interés primordial de estos mejoramientos se centra en incrementar el valor nutritivo de la mezcla, ya que un patrón deficiente de aminoácidos en una proteína dada puede ser corregido parcial o totalmente suplementándolo con otros o mediante la adición de aminoácidos puros. El proceso de incrementar el valor nutritivo de una proteína en una dieta mixta se realiza mezclando dos o más de los elementos que lo integran en las proporciones adecuadas. Así, por ejemplo, la deficiencia de lisina de los cereales esta balanceada por el exceso de lisina en las leguminosas y la deficiencia de los aminoácidos azufrados (metionina) de las leguminosas esta balanceada por el exceso de la misma en los cereales (Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R, 1986). Igualmente, se expone de manera general el propósito de este trabajo de graduación el cual consiste en el uso de semilla de ojushte y harina de plátano para formular una harina compuesta a base de trigo.

La mezcla de harina obtenida mediante la sustitución parcial de trigo, se aplica para la elaboración de productos de panificación como pan tipo francés y galletas tipo margarita, los cuales fueron seleccionados por ser productos de consumo masivo y de bajo costo, por tal motivo pueden ser vehículos que pueden contribuir a mejorar la nutrición de quien los consuma.

El resultado final que se espera, es obtener una harina mixta vegetal o harina compuesta, que a partir de la formulación elaborada tenga una composición con un nivel nutricional apropiado y que los productos elaborados a partir de la misma, ostenten características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales adecuadas. Estas características, deben asegurar que

la sustitución parcial del trigo no genera efectos sobre la calidad de las harinas y consecuentemente sobre los productos que se obtengan. Asimismo, el diluir la harina de trigo con productos derivados de cultivos propios de El Salvador, como lo es la semilla de ojushte, es conveniente pues de esta forma se puede contribuir a estimular al sector agrícola y a reducir de manera sustancial las importaciones de trigo. Por ello, en la siguiente sección se contextualiza lo referente a cada una de las materias primas que integran la formulación de la harina compuesta.

1.1. Aspectos generales del trigo (*Triticum aestivum*)

Trigo (*Triticum* spp) es el término que se designa al conjunto de cereales cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas. Con el término trigo, se designa tanto a la planta como a las semillas. El trigo es uno de los cereales más cultivados en el mundo, junto al maíz y el arroz, siendo cultivado preferentemente para el consumo humano y en menor cantidad para piensos. El grano de trigo se utiliza para producir harina, sémola y malta, así como una gran variedad de productos como pan, galletas, whisky, aperitivos, pastas, etc. (León & Rosell, 2007).

1.1.1. Aspectos botánicos y agronómicos

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), siendo las variedades más cultivadas *Triticum durum* (trigo duro) y *Triticum Compactum* (trigo club). El trigo harinero llamado *Triticum aestivum* es la especie de trigo más cultivada en el mundo. (Santoyo Cuevas, E. & Quiroz Mercado, J., 2004).

El trigo se cultiva en todo el mundo siendo la principal área de cultivo la zona templada del hemisferio norte. En Sur América los principales productores son Argentina, Brasil y Colombia (FAO, 1995).

La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo está entre 10-24 °C, requiere una humedad relativa (HR) entre 40-70%. La temperatura no debe ser demasiado fría en invierno ni demasiado elevada en primavera ni durante la maduración.

1.1.2. Procesamiento

Generalmente el trigo es transformado en harina, y ésta es destinada principalmente a la fabricación de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. Uno de los elementos nutritivos más importantes es la proteína, que se encuentra contenida en el gluten. El trigo y los productos derivados de sus harinas, siempre han sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, que son necesarios para el crecimiento sano de la población.

1.1.3. Almacenamiento

Los sistemas más utilizados para el almacenamiento de trigo, son los almacenes de suelo plano (naves industriales), los silos y los sacos. Este último sistema es aún común aunque se está perdiendo en las economías en desarrollo. Se construyen silos de hasta para 10,000 Tm de grano, bien sea en acero o en hormigón. Los silos de hormigón se hacen utilizando unos labios metálicos, el cual es un molde que se hace con dos anillos concéntricos de hierro, entre los que se echa el hormigón.

Los silos de hormigón llegan a tener hasta 40 metros de altura. El grano se lleva a los silos en camiones volquetes, con capacidad de hasta 40 a 50 toneladas. Aunque se aún utilizan camiones que son capaces de descargar directamente en el silo, la práctica normal es que los camiones descarguen directamente como volquete en depósitos auxiliares en el silo.

En las economías avanzadas el grano prácticamente siempre se almacena a granel. En los países en vías de desarrollo, donde las granjas suelen ser pequeñas y el coste de la mano de obra es bajo, el almacenamiento en pequeños sacos es bastante común.

Los sacos usualmente se construyen con fibras vegetales como la arpillera, o de tejidos con fibras de polímeros. El aire puede pasar a través de esta barrera y la humedad puede migrar desde y hacia el grano. En un buen almacén se produce siempre una pequeña pérdida de humedad con el tiempo. Por ello los granos envasados en sacos pueden admitirse para almacenarlos con un contenido en humedad entre el 1-2% por encima del contenido en humedad adecuado para el almacenamiento a granel (HR del 13%), a menos que los silos dispongan de un sistema de desecación. Si los granos se van a desecar mecánicamente antes del







almacenamiento, los silos a granel son ventajosos ya que en el caso de los sacos, es necesario vaciarlos y volverlos a llenar después de desecar el grano.

1.1.4. Productos de trigo

El trigo es el principal cereal para la elaboración de pan debido a que produce una harina que puede formar una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y de la cual se pueden obtener productos esponjosos como tortas y panes, aun así en algunas partes del mundo el uso de centeno es bastante considerable y otros cereales son usados en menor medida.

Las características panificables del trigo se deben a su contenido de proteínas, que en un 85% son gliadina y glutenina, estas al contacto con el agua, lípidos y suficiente energía forman el gluten, responsable de la cohesividad y viscoelasticidad de la masa, además de atrapar el gas producido en la fermentación de levaduras utilizadas en la elaboración de pan, tortas y galletas (González, A., 2015). La glutenina, aporta elasticidad a la masa y la gliadina le proporciona pegajosidad, y al mismo tiempo extensibilidad que es la capacidad de extenderse sin fragmentarse. La mayor o menor proporción de proteínas en el porcentaje total de una harina es básicamente lo que distingue una harina de fuerza de una suave. A mayor cantidad de proteínas, la harina tendrá una mayor capacidad de absorber el agua. La harina "fuerte", tiene hasta un 15% aproximadamente de proteínas, y puede absorber hasta 750 gramos de agua por kilogramo de harina. Una harina suave, en cambio, contiene un porcentaje de proteínas alrededor del 9%, y puede absorber hasta 500 gramos de agua por kilogramo de harina. En la Tabla 1.3 se detallan algunos productos y subproductos del trigo.

Tabla 1.3. Productos derivados del trigo

Productos del trigo.			
Harina fuerte para pan francés y harina suave para galletas, pastelería y repostería.		Germen de trigo para barras nutricionales.	
Harina Integral		Afrecho	
Pastas		Tranquillón (Mezcla de trigo con centeno)	

1.1.5. Importancia y usos

Para el consumo humano el trigo es el principal cereal en diferentes países como Estados Unidos y Canadá; el arroz, es principalmente consumido en China, Japón y la India; el centeno en Rusia y Europa Central, el maíz en su mayoría se consume en México, Sudamérica y los Estados Unidos; sin embargo, no solo los principales cereales consumidos varían de un país a otro, sino también la importancia de los cereales como parte de la dieta.

En los lugares en que el abastecimiento de alimentos es inadecuado para la población, los granos deben utilizarse para evitar la inanición, el rendimiento estimado de 10 acres de tierra dedicada al crecimiento del ganado es carne suficiente para alimentar a una persona durante un año, pero esa misma cantidad de acres, se pueden utilizar para producir suficiente trigo para alimentar a 15 personas en un año. Los cereales como el trigo proporcionan casi la mitad (47%) de las proteínas de la dieta en todo el mundo y podría ser aún mayor en países como Estados Unidos, en donde se consume casi el 90% de la producción nacional de proteínas de los cereales, leguminosas y de vegetales; por cada unidad de proteína animal contenida, se ingieren 5

unidades de proteínas vegetales. El consumo de comidas de trigo representa directamente un uso más eficiente de la tierra arable, la energía latente y la mano de obra (Charley, H., 2012).

En la Tabla 1.4 se muestra el contenido nutricional del trigo, para una base de 100 g, el cual contiene 392 kcal, 14.3 g de proteínas y 0.078 mg de vitamina B₉.

Tabla 1.4. Contenido nutricional del trigo

Trigo		Base 100 g	
Calorías	392 kcal	Lípidos	2.4 g
Colesterol	0 g	Proteínas	14.3 g
Magnesio	169 mg	Calcio	50.3 mg
Hierro	3.8 mg	Fosforo	467.7 mg
Potasio	578.3 mg	Zinc	4.7 mg
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0.45-0.49 mg	Vitamina B ₂ (Riboflavina)	0.17 mg
Vitamina B ₉ (Ácido fólico)	0.078 mg	Vitamina B ₃ (Niacina)	5.5 mg

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2013). Valor Nutricional, 2013. Santiago, Chile, Sur América. Recuperado el 22 de julio 2015, de: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/en/>

1.1.6. Distribución geográfica

El trigo puede crecer en diversidad de latitudes, climas y suelos, aunque se desarrolla mejor en zonas templadas. Debido a esto, es posible encontrar cosechas en todos los continentes. Los principales países productores de trigo y su volumen de producción para el 2007 se presentan en la Figura 1.1. Los principales países aportadores hasta el año 2007 son China, India y Estados Unidos, con una cantidad de 50, 000,000-100, 000,000 toneladas por año.

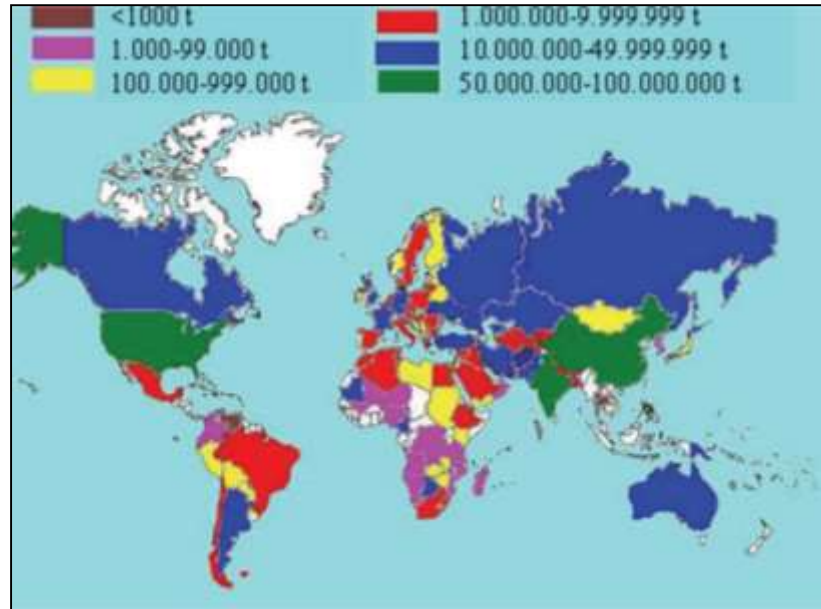


Figura 1.1. Distribución de la producción de trigo en el mundo (Expresado en toneladas)

Fuente: De tales harinas tales panes (2007). Distribución de la producción de trigo en el mundo. Córdoba, Argentina, Sur América. pág. 29. Recuperado el 22 de julio de 2015, de https://www.iseki-food.net/webfm_send/1729

1.1.7. Importaciones de trigo

Según el Banco Central de Reserva (BCR) para el 2011, se importaron aproximadamente 540,560 kilogramos de trigo y derivados del trigo, lo que lo convierte en el tercer cereal más importado solo por debajo de maíz y la combinación de maíz amarillo y sorgo. En el Anexo 1 se detalla las cantidades y países de procedencia de las importaciones de trigo y derivados de trigo.

Para el año 2013, el volumen reportado de harinas importadas fue de 246,585 quintales, mostrando que el mes más activo fue noviembre con una importación de 26,871 quintales, al mismo tiempo pero en menor cantidad se importaron 2,323 quintales de gluten de trigo, y sus mayores meses de actividad fueron en junio, octubre y diciembre cuando se importaron 400 quintales en cada mes. Los países de los cuales se importó fueron Honduras, Guatemala, Canadá y Estados Unidos. En la Tabla 1.5 se muestran la cantidad y el valor en dólares de los productos importados de trigo.

Tabla 1.5. Principales productos de trigo importado por El Salvador

Producto	Cantidad en quintales	Valor en dólares
Gluten de trigo	2,323	\$349,543.39
Harina de trigo	246,585	\$12,594,820.32

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013). Sistema de Inteligencia de Mercado, 2013. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador, Centro América. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://www.simag.mag.gob.sv/home/graficos/3>

1.2. Aspectos generales del ojushte (*Brosimum alicastrum*)

El nombre científico del ojushte es *Brosimum alicastrum* de la familia de las Moraceae. Es endémica de Mesoamérica: desde México hasta Perú, pasando por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Guyana, Venezuela, Brasil, Bolivia, Colombia y Ecuador. También se encuentra en las islas del Caribe: Cuba, Jamaica y Trinidad y Tobago.

En la Figura 1.2 se presenta el árbol de ojushte. El ojushte es conocido a nivel mesoamericano por diferentes nombres comunes según el país en que se encuentre, algunos de éstos son descritos a continuación (Cortez D., 2008):

- **México:** Nuez de Ramón, Masica.
- **Nicaragua:** Ajusté, Masica, Ojote, Ojoche y Nuez de Ramón.
- **Honduras:** Breadnut, Capomo, Hichoso, Masicarón, Masiquilla, Ojuste, Ramón.
- **Costa Rica:** Freguo, Hichoso, Lechoso, Mastate, Ojoche, Ramón blanco, Vaco.
- **Guatemala:** Masicarán, Masico, Ramón, Ramón blanco, Ujuxte.
- **El Salvador:** Ojushte.

El árbol es de usos múltiples: semilla, forraje, leña, servicios ambientales (protección de suelos, cuencas, biodiversidad, captura de carbono) (The Equilibrium Fund, 2013). El árbol de ojushte produce frutos y semillas que son fuente altamente nutritivos. El ojushte no requiere inversión en químicos, fertilizantes, ni riego, además protege el suelo, y al estar apto para dar fruto, produce un promedio de 300 libras de semilla al año (Cordero J., 2003). En la Figura 1.3 se presentan los principales beneficios del árbol de ojushte.



Figura 1.2. Árbol de ojushte

Fuente: Elaboración propia

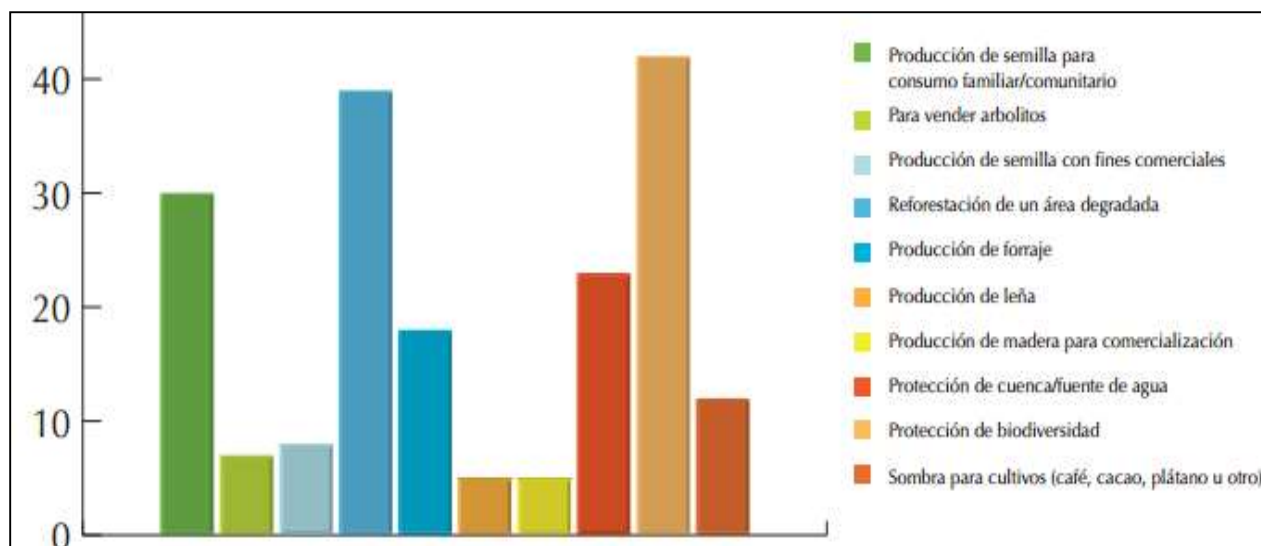


Figura 1.3. Ventajas del establecimiento de un vivero de *B. alicastrum*

Fuente: The Equilibrium Fund (2010). Manual de buenas prácticas sobre la propagación, reforestación y aprovechamiento de *Brosimum alicastrum* MASICA, 2010. Recuperado el 2 de Julio de 2015, de <http://www.forcuencashn.org/admin/documents/90>

1.2.1. Aspectos botánicos y agronómicos

El *Brosimum alicastrum*, es un árbol que puede alcanzar de 20-40 m de altura y un diámetro de 80-150 cm, el tronco es recto, las ramas son ascendentes formando una copa

redondeada o piramidal. A continuación se explican las partes del árbol de ojushte (Castellano & Peraza, 2011):

- **Raíz:** el sistema radical es fuerte, vertical y alcanza hasta 20 metros de profundidad.
- **Tallo:** la corteza es áspera, gris negruzca y frecuentemente con escamas grandes y cuadradas blancas. La corteza interna exuda una sabia o látex pegajoso y rosado en contacto con el aire, lo cual es una de las características distintivas de este árbol.
- **Hojas:** son simples, alternas, encontrándose en dos hileras a lo largo de la rama y posee peciolos de 3 - 10 mm de largo. La lámina es de forma elíptica a ovalada, de 6 a 26 cm de largo y de 3 a 11 cm de ancho, de borde liso y ligeramente ondulado; aunque las plantas jóvenes pueden tener bordes aserrados.
- **Flores:** las flores son diminutas verdosas de 1 cm de diámetro que se encuentran dentro de un receptáculo carnoso.
- **Fruto:** se produce en solitario o racimos de color verde, amarillento, anaranjado o rojizo, cuando maduran dentro del fruto se encuentra una semilla de color café de aproximadamente 1 cm de diámetro.
- **Semillas:** son esféricas y aplanadas en ambos extremos, cubiertas de una testa papirácea, la semilla fresca contiene del 45 al 55% de humedad.

1.2.2. Requerimientos ambientales

La especie pertenece a bosques perennifolios húmedos o lluviosos y bosques semicaducifolios premontados, así como en riberas en zonas semiáridas. Puede resistir vientos huracanados fríos húmedos del norte.

Esta especie crece y se desarrolla en cualquier tipo de suelo desde suelos arcillosos, profundos e inundables durante la época lluvia, así como suelos someros y altamente pedregosos. Requiere de una precipitación de 1,000 a 3,500 mm anuales y una temperatura media cálida entre 20-40°C. Su rango de altitud se encuentra entre los 0-1000 msnm pero su mayor desarrollo se produce en los 300 msnm (Castellano & Peraza, 2011). En la Tabla 1.6 se presentan las condiciones naturales de clima y suelo.

Tabla 1.6. Clima y suelo adecuados para el crecimiento del árbol de ojushte



Clima y suelo en condiciones naturales.				Área de cultivo
Pluviometría	1000-3500 mm	Suelos	Aluviales fértiles y alcalinos, incluyendo topografía cárstica de origen calizo y litosoles.	Crece hasta 1000 m pero mayormente mejor por debajo de los 300 msnm
Estación seca	0-6 meses			
Altitud	0-1000 msnm	Textura	Media	
T máx media mes más cálido	20-40°C	pH	6.8>8.2	
T min media mes más frío	12-18°C	Drenaje	Libre (bien drenados)	
T. media anual.	15-35°C			

Fuente: Burns, R. M. (1998). Árboles Útiles de la Parte Tropical de América del Norte. Washington DC, EE-UU. Recuperado el 15 de mayo de 2015, de <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/ALI/0002011-ADTESOE.pdf>

1.2.3. Reproducción, crecimiento y producción de la semilla de ojushte





Las características de la semilla de ojushte pueden variar de acuerdo a su lugar de origen y forma de cultivo, pero en El Salvador no se encuentra un dato preciso de las zonas geográficas y cantidades de cultivo de árboles de ojushte. En la Tabla 1.7 se muestran algunas plantaciones recabadas para dicho árbol.

Tabla 1.7. Catálogo de zonas documentadas que poseen árboles de semilla de ojushte

Zonas con plantación de ojushte	Ilustración	Descripción	Cosecha
Plan de Amayo 1,2,3,4,5,6		Ubicación árbol 1: área natural Plan de Amayo, municipio de Caluco, departamento de Sonsonate, ubicado cartográficamente en latitud norte 13°41'29.7'', longitud oeste 89°38'44.6'', a una elevación de 326 msnm.	Inicia aproximadamente en la última semana de enero y finaliza en la tercera semana de febrero o a inicios de marzo.
Zunsal 1,2		Ubicación árbol 3: finca el Zunsal, Plan de Amayo, municipio de Caluco, Sonsonate, ubicado en latitud norte 13°41'42.7'', longitud oeste 89°37'50.3'', a una elevación de 419 msnm.	Inicia aproximadamente en la tercera semana de febrero y finaliza en la segunda semana de marzo.

Continúa en la siguiente página

Tabla 1.7. Catálogo de zonas documentadas que poseen árboles de semilla de ojushte

Zonas con plantación de ojushte	Ilustración	Descripción	Cosecha
San Isidro 1,2, 3		<p>Ubicación árbol 10: San Isidro, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, ubicado cartográficamente en latitud norte 13°47'54.1'', longitud oeste 89°33'56.7'', a una elevación de 705 msnm.</p>	<p>Inicia cosecha en la última semana de abril aproximadamente, y finaliza en la tercera semana de mayo. Este material se encuentra entre la clasificación de verano tardío e invierno temprano.</p>
Villa Belén (Árbol 16) *		<p>Ubicación: Encontrado en Villa Belén, municipio de Apopa, departamento de San Salvador, ubicado cartográficamente en latitud norte 13°49'40.47'', longitud oeste 89°08'57.58'', a una altitud de 472.2.08 cm, diámetro polar de 2.09 cm, y peso promedio de 3.84 g.</p>	<p>El árbol inicia en la primera semana de junio y finaliza en la segunda semana de julio aproximadamente, por la época de cosecha, el árbol es clasificado como invierno temprano o invierno intermedio.</p>
San Pedro 1,2,3		<p>Ubicación árbol 17: Encontrado en San Pedro, municipio de Chirilagua, departamento de San Miguel, ubicado cartográficamente en latitud norte 13°17'46.3'', longitud oeste 88°08'07.4'', a una elevación de 146 msnm.</p>	<p>El árbol inicia en la segunda semana de junio y finaliza en la primera semana de julio aproximadamente, por la época de cosecha, el árbol es clasificado como invierno temprano o invierno intermedio.</p>
La Bermuda		<p>Ubicación árbol 18: Cantón la Bermuda, municipio de Suchitoto, departamento de Cuscatlán, ubicado cartográficamente en latitud norte 13°52'25.1'', longitud oeste 89°02'28.6'', a una altitud de 533 msnm.</p>	<p>El árbol inicia en la tercera semana de junio y finaliza en la segunda semana de julio aproximadamente, por la época de cosecha, el árbol es clasificado como invierno temprano o invierno intermedio.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en el libro “Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (*Brosimum alicastrum swartz*) con alto potencial genético de rendimiento nutricional y comercial” (2015). Fidel Ángel Parada Berrios. Recuperado el 10 de abril de 2015, de: [http://ri.ues.edu.sv/7990/1/INFORMES%20TECNICOS%20Ojushte%20EL%20SALVADOR%20\(UES%202015\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/7990/1/INFORMES%20TECNICOS%20Ojushte%20EL%20SALVADOR%20(UES%202015).pdf)

a) Semilla: características y estructura

El momento de la producción de semilla varía considerablemente a lo largo de la región, dependiendo del clima local como se puede apreciar en la Tabla 1.7. En algunas áreas puede haber hasta dos períodos de fructificación. Los frutos pueden recolectarse directamente del árbol o del suelo cuando cambian de color verde a amarillo rojizo. Con base en información obtenida del libro “Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz)”, que ha sido recopilado por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES) (Berríos, I.M., 2015) se ha realizado una investigación a 30 árboles de ojushte y se determinó que un 63% de los árboles cosechan entre los meses de junio y julio, entre invierno temprano e invierno intermedio. La tasa de germinación para la semilla fresca es del 85-95%, pero la semilla es recalcitrante y sensible a cambios en temperatura y humedad. Pierde su viabilidad rápidamente (2-3 semanas) cuando se almacena a temperatura ambiente. La semilla debe pre tratarse antes de la siembra remojándola en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

En la Figura 1.4 se muestra el tamaño aproximado del ojushte y algunas características que presenta la semilla son las siguientes:

- **Forma:** redonda y contiene una semilla de color verde.
- **Color:** verde amarillento y anaranjado rojizo cuando madura el fruto.
- **Producción:** en solitario y en racimos.
- **Periodo de cultivo:** tardíos (90 días), intermedios (60 días) y precoces (30 días).
- **Tamaño:** aproximadamente 1.0 cm de diámetro.

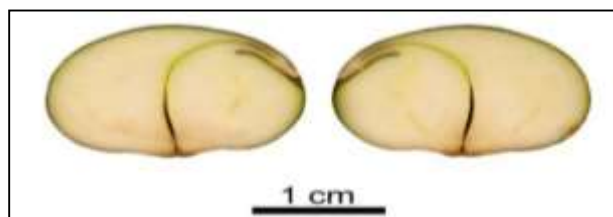


Figura 1.4. Tamaño aproximado de la semilla de ojushte

Fuente: Milenium Seed Bank (2015). Almacenamiento de semillas de *Brosimum alicastrum* (ojushte, ramón, capomo). Recuperado el 24 de abril de 2015, de <https://tropicalbotany.wordpress.com/2015/02/06/almacenamiento-de-semillas-de-brosimum-alicastrum-ojushte-ramon-capomo/>

El color de frutos que predomina es el verde con una frecuencia de 73.4%, presentando un empate entre el color rojo y amarillo con un 13.3%, en diferentes zonas en El Salvador (Berríos, 2015), en la Figura 1.5 se pueden apreciar algunos ejemplos del fruto.



Figura 1.5. Coloración del fruto de ojushte durante su crecimiento

Fuente: Elaboración propia con base en el libro “Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (*Brosimum alicastrum swartz*) con alto potencial genético de rendimiento nutricional y comercial” (2015). Fidel Ángel Parada Berríos. Recuperado el 10 de abril de 2015, de:

[http://ri.ues.edu.sv/7990/1/INFORMES%20TECNICOS%20Ojushte%20EL%20SALVADOR%20\(UES%202015\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/7990/1/INFORMES%20TECNICOS%20Ojushte%20EL%20SALVADOR%20(UES%202015).pdf)

b) Almacenamiento de semilla de ojushte

Las condiciones óptimas de almacenamiento consisten en el mantenimiento de la semilla a 15°C y un límite superior de humedad del 75% HR. La humedad puede ser mucho más baja sin afectar la viabilidad de la semilla. El almacenamiento a 15°C impide la germinación y el daño se incrementa abajo de los 10°C, donde la fuga de electrolitos produce daños por hongos durante la fase de germinación (Milenium Seed Bank, 2015).

c) Control de calidad de la semilla de ojushte

Con el fin de poder ser apta para el procesamiento y posterior consumo humano, de manera general la semilla de ojushte debe estar libre de impurezas y materia extraña, caracterizarse por la ausencia de insectos y plagas, ser de color café-rojizo oscuro y debe estar entera sin quiebres.

1.2.4. Distribución geográfica

En El Salvador se encuentra el árbol de ojushte en varias zonas del territorio salvadoreño, según información del Centro Nacional de Registros (CNR) e información del proyecto de ojushte (Berríos, I. M., 2015). En la Figura 1.6, se muestra la ubicación de árboles de ojushte en El Salvador.

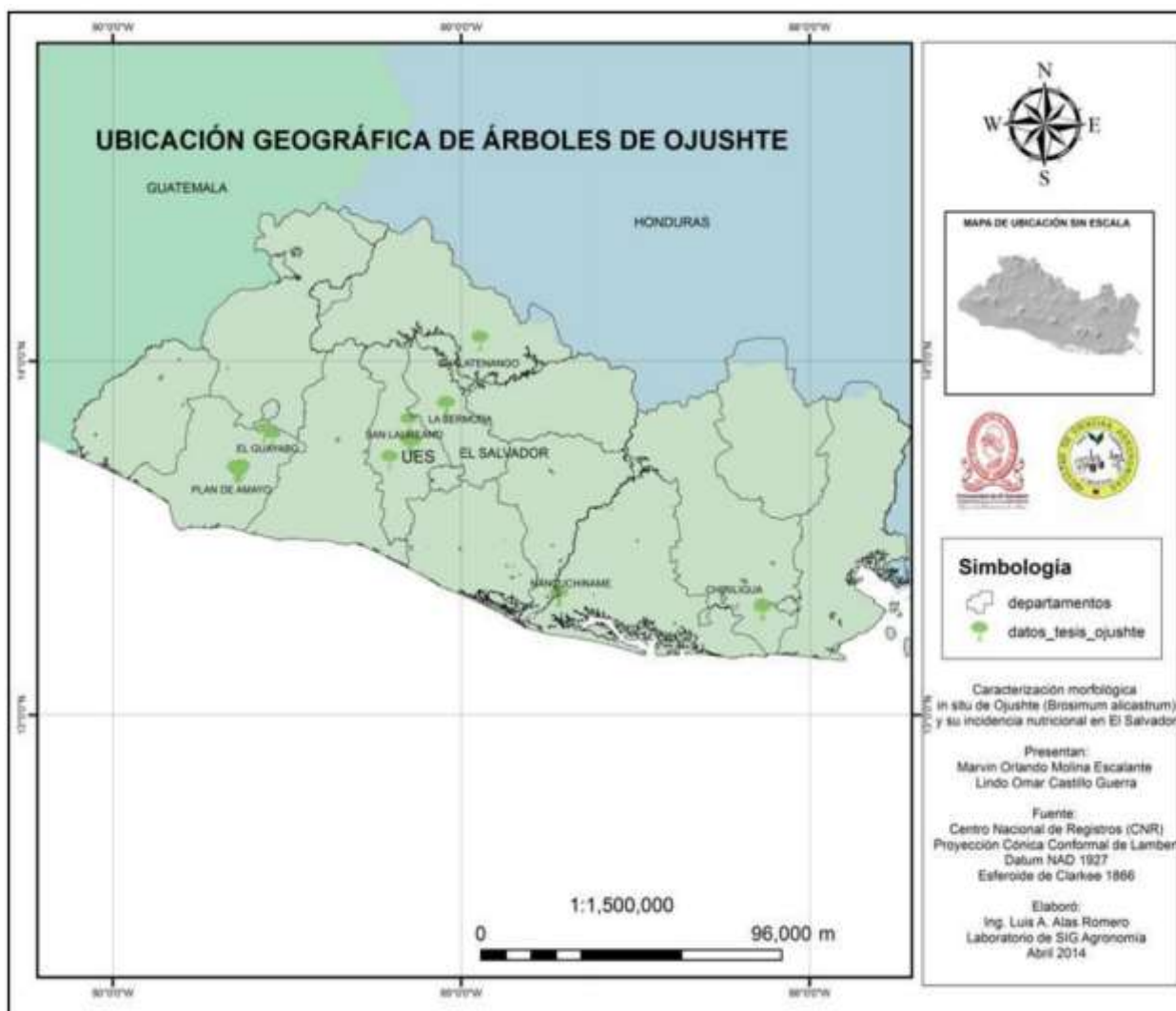


Figura 1.6. Ubicación geográfica de árboles de ojushte en El Salvador

a) Ojushte en El Salvador

Los productos derivados de la semilla de ojushte en El Salvador, no son muy conocidos por lo que algunas instituciones realizan actividades promoviéndolos en diferentes eventos o celebraciones, para dar a conocer los altos beneficios nutricionales de consumir productos a base de semilla de ojushte. En la Tabla 1.8 se citan algunas de las instituciones, organizaciones y programas que se han preocupado por contribuir al rescate de esta semilla nativa.

Tabla 1.8. Entidades promotoras de productos a partir de semillas de ojushte

Entidades promotoras de productos de semillas de ojushte	Descripción
Mana Ojushte	Es una microempresa dedicada a educar y promover el consumo de ojushte. Se encuentra ubicado en el cantón San Isidro, Municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate. Los productos elaborados con ojushte son iniciativa de la Sra. Ana Edith Morales, representante de la cooperativa de mujeres Mana Ojushte, algunos productos que elabora dicha organización son: horchata, pan dulce, galletas, dulces, café entre otros.
Asociación Ágape de El Salvador	El fin del programa desarrollado por la Asociación Ágape de El Salvador y cofinanciado por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) a través de los fondos del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP), fue contribuir a la conservación y reforestación del árbol de ojushte (<i>Brosimum alicastrum</i>), mejorar la seguridad alimentaria de 200 niñas y niños y fortalecer las capacidades locales para la generación de ingresos por el aprovechamiento del ojushte, favoreciendo así a la protección y conservación de recursos naturales del Área Nacional Protegida Plan de Amayo (Juárez , M., 2012).
Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal	El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) brindó a familias de La Libertad una capacitación sobre las propiedades del ojushte en compañía de especialistas del programa de ojushte en El Salvador. Se les capacitó sobre los programas del Plan de Agricultura Familiar (PAF), el cual es beneficioso para productos que nutran a los animales así como productos de consumo humano entre ellos esta: la horchata, café, pan dulce entre otros (CENTA, 2011).
Universidad de El Salvador	La Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador ejecuta desde el año 2013 el proyecto “Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (<i>Brosimum alicastrum Swartz</i>) con alto potencial genético de rendimiento, nutricional y comercial” con el objetivo de rescatar esta especie (considerada en peligro de extinción) y al mismo tiempo abonar en el tema de seguridad y soberanía alimentaria. En el año 2015, El ingeniero Parada Berríos de la facultad de Ciencias Agronómicas desarrolla un proyecto con técnica de injertos de los árboles de ojushte, con el fin de disminuir el periodo de tiempo para la obtención del fruto. Los injertos se muestran en la Figura 1.7.

Fuente: Elaboración propia



Figura 1.7. Injertos de árboles de ojushte de la Universidad de El Salvador

Fuente: Universidad de El Salvador (2015). Revista El Universitario: Ojushte una alternativa nutricional para el país, 2015. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 14 de abril de 2015, de http://www.eluniversitario.ues.edu.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=4083:ojushte-una-alternativa-nutricional

1.2.5. Importancia y empleo en el consumo humano

A inicios del siglo XX El Salvador se vio afectado por una plaga de langostas que disminuyó considerablemente la disponibilidad de alimentos para la población, los que conocían el “ojushte” recurrieron a su recolección para su alimentación y familias agricultoras cuyo cultivo principal era el maíz, iniciaron la siembra de árboles de ojushte. Así mismo existen muchas experiencias a nivel de la región centroamericana, la cual históricamente ha demostrado que el *Brosimum alicastrum* es un aporte a la alimentación de las familias (Castellano & Peraza, 2011).

Las semillas hervidas con ceniza y tostadas poseen un sabor parecido a las castañas y conservan características muy nutritivas, se comen acompañadas con sal y limón o mezcladas con maíz u otro cereal para elaborar tortillas, tamales, pupusas o pan. Su semilla ya molida se utiliza para la elaboración de atoles, café, poleadas o bebidas. Es un alimento altamente nutritivo posee altos contenidos de calcio, folato, fósforo, hierro y vitaminas y ayuda a combatir la desnutrición de los niños. El ojushte en sistemas productivos puede llegar a producir por hectárea, 4 veces más comida y 10 veces más proteína que el maíz.

1.2.6. Composición química y valor nutricional del ojushte

El ojushte (*Brosimum alicastrum*) es un fruto de sabor dulce, se caracteriza por su contenido alto en nutrientes, en la Tabla 1.9 se muestra el contenido nutricional de este. Se pueden observar en la Figura 1.8 un mayor aporte nutricional de la semilla de ojushte para

hierro, zinc, calcio, potasio, vitamina E, vitamina B12 y vitamina C comparado con trigo, maíz y avena. Los datos han sido obtenidos a través de la organización *The equilibrium Fund*, que está dedicada al estudio, conservación y aprovechamiento del ojushte a nivel internacional (Cortez, D., 2008).

Tabla 1.9. Contenido nutricional de ojushte

Ojushte (base 100 g)			
Triptófano	10.5 g	Lípidos	2.0 g
Colesterol	0 g	Proteínas	13 g
Fibra	15 g	Calcio	240 mg
Hierro	4.8 mg	Zinc	1.75 mg
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0.45 mg	Vitamina B ₂ (Riboflavina)	1.30 mg
Vitamina B ₉ (Ácido fólico)	115 mg	Vitamina B ₃ (Niacina)	2.0 mg
Vitamina C	4.7 mg	Vitamina E	3.5 mg
Vitamina A	202 mg	Vitamina B ₆ (Piridoxina)	0.7 mg

Fuente: Ágape (2010) Recuperado el Febrero 21 del 2015, <http://www.agape.com.sv/attachments/article/100/Ojushte1.pdf>

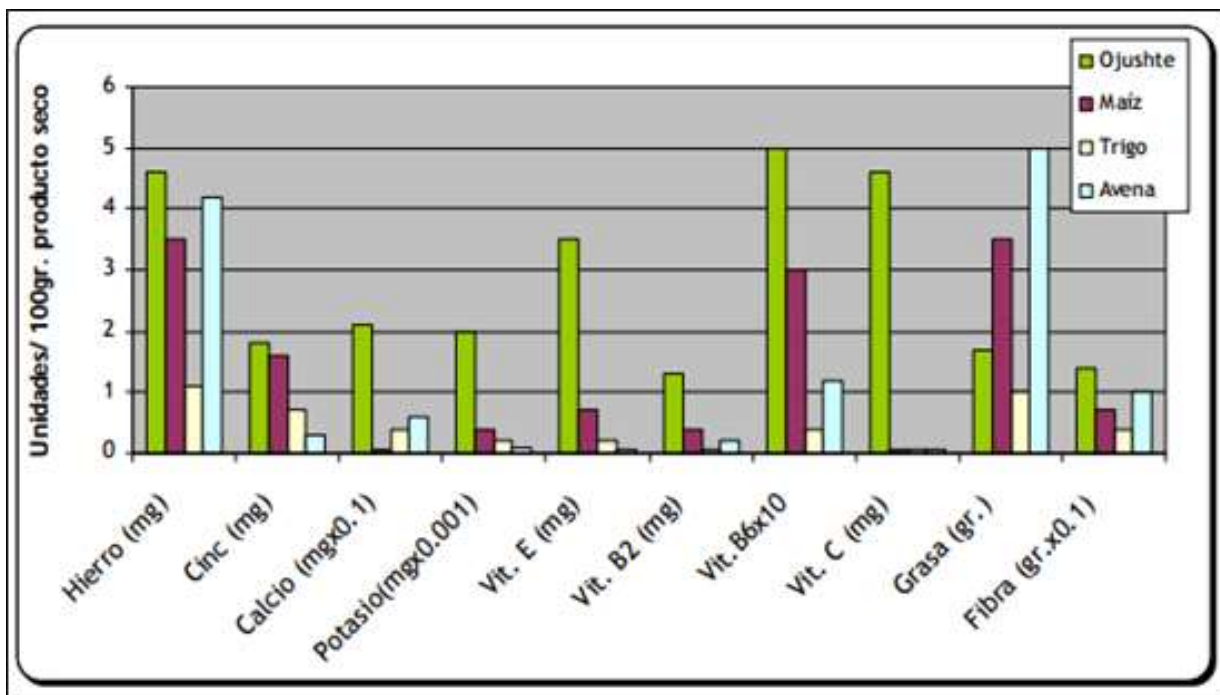


Figura 1.8. Comparación nutricional de ojushte vs. maíz, trigo y avena

Fuente: Cortez Dubón, C. D. (2008). Trabajo de graduación Universidad de El Salvador: Propuesta de un modelo de empresa elaboradora de productos derivados del Ojushte, 2008. San Salvador, El Salvador Recuperado el 3 de julio de 2015, de http://ri.ues.edu.sv/1909/1/Propuesta_de_un_modelo_de_empresa_elaboradora_de_productos_derivados_del_Ojushte.pdf

1.3. Aspectos generales del plátano (*Musa sapientum*)

El plátano es una planta herbácea que crece hasta seis metros de altura, de tronco fuerte, cilíndrico, que sale de un tallo bulboso pulposo y grande (CENTA, 2002). Constituye la base de alimentación de muchos países tropicales, y es una de las frutas más consumidas en todo el mundo, dada su versatilidad y adaptación para diferentes preparaciones.

1.3.1. Distribución geográfica

En El Salvador, el área sembrada de plátano se estima en 1960 hectáreas; con una producción de 24.792,727 kilogramos de frutas, lo cual no satisface la demanda interna, teniendo que importar en el año 2000, un total de 15, 003,780 kg, por un valor aproximado de \$2,469.333. Los precios a nivel de mayorista y minorista se mantienen prácticamente constantes todo el año, excepto en el mes de abril que experimenta precios más altos (CENTA, 2002).

1.3.2. Variedades de cultivo de plátano

En El Salvador, el CENTA ha evaluado alrededor de 38 materiales de musáceas, entre ellos diferentes cultivares de plátano. En plátano, algunos de los que han mostrado mejores características son:

a) Criollo o Usulután

Son plantas vigorosas; alcanzan una altura promedio de 3.5-4.0 m; con un diámetro promedio de pseudo tallo de 0.20- 0.22 m a un metro de altura, es susceptible a la enfermedad Sigatoka Negra, resistente al transporte y posee buenas características culinarias; los racimos son cortos, con un número promedio de 27-30 frutos y un peso de 12-16 kg.

b) Enano

La planta tiene una altura promedio de 2.50 m, posee un pseudo tallo grueso, con un diámetro mayor de 0.25 m con abundantes hojas anchas. Racimos cortos, con un promedio de 40-42 frutos y un promedio de 13.0 kg de peso. Los frutos poseen muy buen sabor y son de excelente calidad. El período de floración a cosecha es de 80 - 85 días. La cosecha se inicia entre 10-11 meses después de la siembra.

1.3.3. Contenido nutricional del plátano

En la Tabla 1.10 se muestra el contenido nutricional del plátano, en el que se determina que contiene 20.8 g carbohidratos para una base de 100 g (Infoagro, 2013).

Tabla 1.10. Contenido nutricional del plátano

Base 100 g			
Calorías	96 kcal	Lípidos	0.2 g
Carbohidratos	20.8 g	Proteínas	1 g
Sodio	1 mg	Azúcar	10.1 g
Fibra	2.6 g	Potasio	578.3 mg
Magnesio	38 mg	Vitamina B ₆ (Piridoxina)	0.45 mg
Vitamina B ₉ (Ácido fólico)			25.1 mg

Fuente: Información Técnica Agrícola (2013).El cultivo del plátano, 2013.Madrid, España, Europa. Recuperado el 15 de Abril de 2015, de http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano2.htm

1.3.4. Control de calidad del plátano

La temperatura óptima para el almacenamiento y transporte es variable pero oscila entre 13-14 ° C. Para acelerar el proceso de maduración se aumenta la temperatura entre 15-20 ° C y normalmente necesitan la aplicación de etileno y una atmósfera controlada (Plátano, Musacea/Muceae, 2015). En la Tabla 1.11 se presentan algunas recomendaciones de temperatura, humedad relativa y vida aproximada de transporte y almacenamiento para plátanos (FAO, 1996).

Tabla 1.11. Parámetros para el control de calidad del plátano

Producto	Temperatura		Humedad Relativa (%)	Vida aproximada de almacenamiento
	°C	°F		
Plantain (Plátano)	13-14	56-58	90-95	1-5 semanas

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1996). Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala, 1996. Iztapalapa, México, Norte América. Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s0a.html>

1.3.5. Importaciones de plátano

En El Salvador en los últimos años se ha aumentado la producción de plátano, para 2014 se tenía una superficie de cultivo de 2,396 Mz con una producción de 758,012 quintales al año y un rendimiento de 236.4 unidades/Mz, pero esta producción no alcanza a suplir la demanda nacional, según datos reportados por el MAG, para 2013 se tuvo una importación aproximada de 68,3 millones de kilogramos de plátano, con mayor volumen de importación en Junio con 7,496,254.52 kilogramos, lo que lo convierte en el fruto más importado para ese año, seguido en segundo puesto por el banano.

La cantidad de importaciones del plátano a través de los años se ha mantenido arriba de las 60,000 Tm y no ha experimentado grandes variaciones (MAG, 2013). En la Figura 1.9 se puede apreciar las importaciones de plátano desde 2010 al 2013.

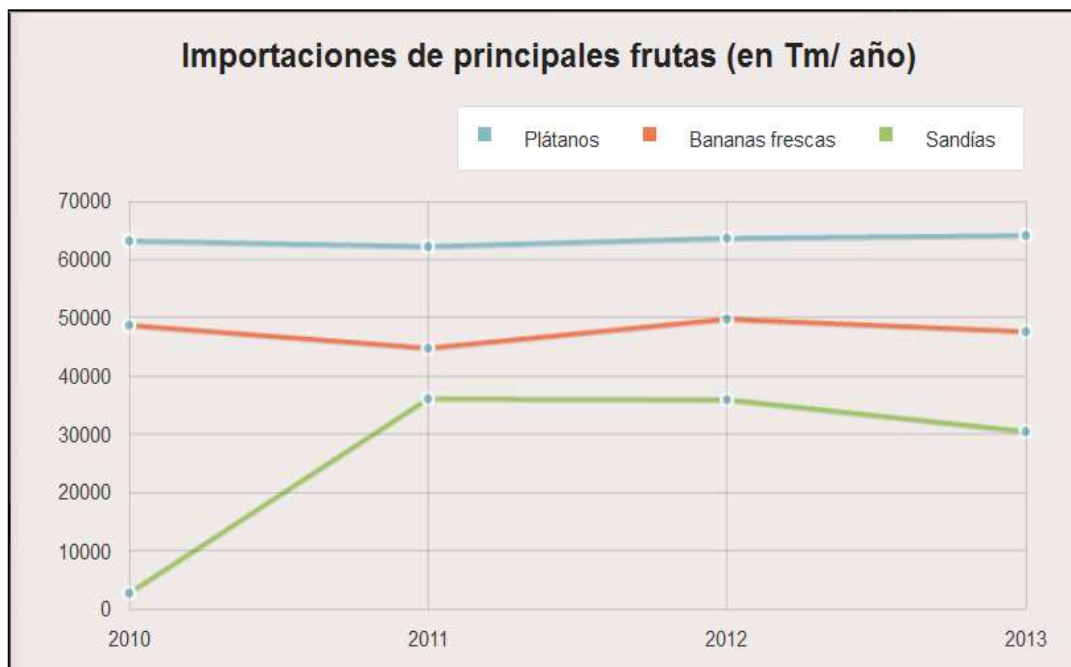


Figura 1.9. Importaciones de plátano en toneladas métricas por año en El Salvador

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013). Sistema de Inteligencia de Mercado, 2013. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador, Centro América. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://www.simag.mag.gob.sv/home/graficos/3>

El valor total de las importaciones fue de aproximadamente \$6.8 millones de dólares. Los datos se muestran en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12. Volumen de importación salvadoreño de plátano y su valor en dólares

Producto	Volumen en kilogramos	Valor en dólares
Plátano	68,306,890	\$6,853,410.14

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (2011). Caracterización de cadenas productivas de frutos perennes (marañón, aguacate y cítricos) en El Salvador, 2011. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 23 de marzo del 2015, de: <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/Contribuciones2014311105614.pdf>

1.3.6. Exportaciones de plátano

A diferencia de las importaciones, las exportaciones de plátano han mostrado un aumento del 2011 al 2013, esto principalmente por el aumento de producción y la estabilidad de las importaciones. Para el 2011 se reportaba que los plátanos y las piñas eran en un 91.75% los principales rubros frutícolas de exportación. Los principales países a los que se exporta son Nicaragua y Honduras donde se superan los \$2,500 millones de dólares en ingresos para los exportadores (MAG, 2011). Para el 2013 se reporta un volumen de exportación de 581,463.33

kilogramos de fruto y un valor de cargamento de \$291,391.36 dólares. Los principales países a los que se exportó fueron Estados Unidos y Panamá. Se presentan los detalles de volumen de exportación de plátano en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13. Volumen de exportación de plátano salvadoreño a otros países y su valor en dolares

País	Volumen en kilogramos	Valor en dólares
Estados Unidos	581,463.33	\$291,379.68
Panamá	7.93	\$11.68
TOTAL	581,463.33	\$291,291.36

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013). Sistema de Inteligencia de Mercado, 2013. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador, Centro América. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://www.simag.mag.gob.sv/home/graficos/3>

1.4. Aspectos generales sobre la industria de la panificación en El Salvador

El primer registro que se llevó a cabo fue en 1993 por parte del Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), en el cual se encontraron 1,054 establecimientos a nivel metropolitano, mientras que para el 2002 el número fue de 44, la reducción brusca de la cantidad de establecimientos censados fue debido a que el censo realizado fue voluntario (Zacarias Melendez & Carcamo Velasquez, 2005).

Para 2005¹ se llevó a cabo el VII Censo económico en el cual se abarcaron los datos hasta agosto del 2004, de los cuales se obtuvo que 2,096 establecimientos se dedicaban a la panadería, y estaban distribuidos de acuerdo a su número de empleados como se muestra en la Tabla 1.14. La mayor parte de establecimientos censados pertenecían a la micro y pequeña empresa debido a que tenían menos de 10 empleados en planilla. En conjunto estos establecimientos de panadería generaban 10,815 empleos directos y remunerados.

De las ventas totales del sector la mayor cantidad de productos de panadería que se comercializaron hasta agosto 2004 fue de pan dulce y pan francés con un ingreso de \$12 millones y \$14 millones respectivamente. (Dirección General de Estadísticas y Censos, 2005).

¹ La información consultada, es del 2005, debido a que fue el último sondeo realizado por DIGESTYC.

Tabla 1.14. VII Censo económico de establecimientos que se dedicaban a la panadería en 2005

Número de empleados	Cantidad de establecimientos
1	341
2	602
3	445
4	333
5-9	219
10-19	92
20-49	41
50-99	15
100-199	6
200 y más	2

Fuente: Dirección General de Estadísticas y censos. (2005). VII Censos Económicos 2005. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <http://www.censos.gob.sv/resultados.html>

1.4.1. Molinería en El Salvador

La molinería es el rubro de la industria que se encarga de la molienda de cereales, como harina, sémola y gránulos de trigo, centeno, maíz, cebada, entre otros. En El Salvador la más importante es la molinería de trigo, para la cual se importan grandes cantidades al año como ya se ha señalado, para manejar estos grandes volúmenes de cereales, el sector privado cuenta con los molinos más eficientes y modernos de Latinoamérica, que llegan a producir hasta 1,200 Tm diarias de harina de trigo.

En la actualidad, las principales empresas que se dedican a la molinería de trigo en El Salvador son MOLSA y HARISA, pero para el 2005, se tenía un censo de 12 establecimientos dedicados a la molinería de los cuales no se especificaba cuáles de estos eran dedicados a la molinería de harina de trigo y cuales se dedicaban a moler otro tipo de cereal. A diferencia de las panaderías, las molinerías son en su mayoría pequeñas o medianas empresas y por lo tanto el número de empleados era significativamente menor al que se podría contabilizar en la actualidad. La distribución de acuerdo al número de empleados se muestra en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15. Distribución en establecimientos de panadería de acuerdo con el número de empleados según el VII censo económico

Número de empleados.	Cantidad de establecimientos.
3	1
5-9	3
10-19	4
100-199	1
200 y más	3

Fuente: Dirección General de Estadísticas y censos. (2005). VII Censos Económicos 2005. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <http://www.censos.gob.sv/resultados.htm>

La generación de empleos solamente fue de 886 puestos de trabajo, mucho menor que la de las empresas panificadoras, de estos 886 puestos 697 eran ocupados por hombre, y solo un 189 por mujeres. Los sueldos desembolsados para pagar la mano de obra ascendía a un aproximado de \$5 millones anuales que representaban un 5.3% de las ventas totales del sector que ascendían a un aproximado de \$94 millones. De las ventas totales del sector la harina de trigo es la que generó más ingresos, aportando \$65 millones de dólares, de estos solo \$58 millones fueron de ingresos de ventas en El Salvador. En la Tabla 1.16 se muestra un detalle de los productos de molinería y su aporte al ingreso total del país para el 2004 (DIGESTYC, 2005).

Desde el 2004 no se han realizado censos que hagan la separación de la industria panadera y la molinera, en los datos del BCR al reportar el Producto Interno Bruto (PIB) para panadería y molinería lo hacen en conjunto.

Para 2013 se reportó que la industria panadera y molinera había tenido un flujo anual de \$216.4 millones lo cual representa aproximadamente un 2.4% del PIB en ese mismo año. Del sector manufactura la industria de molinería y panadería es la segunda en aportar más al total de ingresos al rubro, solo siendo superada por la industria de química de base y elaborados que aporta \$225 millones al año (BCR, 2015); los datos acerca de empleos y salarios no se reportan para el 2013.

Tabla 1.16. Aporte en el año 2004 para al ingreso total salvadoreño de los productos de molinería

Producto	Ventas totales
Arroz sin granza	\$447,472
Harina de trigo	\$64,510,722
Harinilla	\$2,181,742
Otros tipos de harina	\$126,500
Harina de arroz	\$2,731,724
Harina de maíz	\$14,162,026
Arroz blanco	\$1,028,518
Arroz amarillo	\$241,175
Premezclas	\$2,462,693
Pastas alimenticias	\$2,196,678
Afrecho de trigo	\$1,831,127

Fuente: Dirección General de Estadísticas y censos. (2005). VII Censos Económicos 2005. Documento de Gobierno. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <http://www.censos.gob.sv/resultados.htm>

1.5. Principales características de las harinas que se utilizan en panificación

Las harinas poseen diferentes características en su composición dependiendo del uso al que estén destinadas en la industria panificadora. A continuación se describen las características principales de las harinas utilizadas para formular una harina compuesta para productos de panadería.

1.5.1. Harina de trigo

Según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.01.15:07 “HARINAS. HARINA DE TRIGO FORTIFICADA. ESPECIFICACIONES”, se define a la harina de trigo como: “Producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum L.*, o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host, o combinaciones de ellos, por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura”.

a) Composición química

La harina de trigo es la única que tiene la capacidad de producir gases, formar una masa cohesiva y dar productos aireados y livianos después del proceso de cocción. Esta propiedad es debida a la composición química que tiene el trigo, en especial a las proteínas y su capacidad para formar la red glutéica.

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes principales son: el almidón, agua y proteínas, además de polisacáridos diferentes de almidón. La composición del trigo puede variar según las condiciones de su cultivo, el año de cosecha y de la región. La Tabla 1.17, presenta la composición química del trigo.

Tabla 1.17. Composición química del trigo (expresada en % sobre peso seco)

Componentes	Cantidad (%)
Humedad	10-15%
Almidón (por diferencia)	70-75
Proteína (Nx5.7)	8-16
Celulosa (Fibra)	1.5-2
Grasas	1.5-2
Azúcares	1-2
Materias minerales (cenizas)	0.5-0.6

Fuente: Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Publica de Navarra(2014). Desarrollo de un producto de panificación mediante harina compuesta de trigo, mandioca y soja, 2014. Pamplona, España, Europa. Recuperado el 31 de agosto de 2015, de http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/13723/Marcos_Ballat%20TyC%20-IAA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

A continuación se detalla los principales componentes de la harina de trigo en la formación de una masa panificable.

i. *Hidratos de carbono*

Los granos de cereales almacenan energía en forma de almidón, que es el hidrato de carbono mayoritario en el grano de trigo maduro (representa entre el 65-70% de la harina de trigo). Las propiedades funcionales del almidón se deben esencialmente a los dos hidratos de carbono con masa molecular mayor: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula lineal de α -D-glucopiranosas unidas por enlace α (1-4) glicosídicos, mientras que la amilopectina es

un polímero ramificado. La cadena principal está formado por α -D-glucopiranososa unido por enlaces α (1-4).

ii. Proteínas

Las proteínas de los granos de trigo se dividen en dos grupos: proteínas del gluten y otras proteínas. Las proteínas del gluten constituyen alrededor del 75-80% del total. Las proteínas no integrantes del gluten representan del 20-25% del contenido total, la mayoría se encuentra en las enzimas.

iii. Gluten de trigo

La harina de trigo es la única entre todos los cereales que tiene la capacidad de retener el gas producido durante el proceso de formación de la estructura esponjosa conocida como pan. Esta capacidad se debe fundamentalmente a las proteínas del gluten de la harina de trigo. La capacidad de retención de gas de la masa de harina de trigo debe poseer propiedades viscoelásticas, que es la propiedad de los materiales para exhibir tanto la conducta viscosa (flujo) como la semisólida de conducta elástica que también depende de las condiciones de temperatura, tiempo y deformación experimentada.

El gluten de trigo se compone de una mezcla de dos grandes grupos de proteínas: gluteninas y gliadinas. Las gluteninas se diferencian de las gliadinas en que son insolubles en una solución de etanol al 70%, las gliadinas tienen mayor tamaño molecular que las globulinas y albuminas y son polipéptidos numéricos. Las gliadinas son prolina que se caracterizan por un alto nivel de prolina (15-20%) y glutamina (35-45%) y baja concentración de lisina (0.2-0.9%). El trigo como la mayoría de los cereales tiene déficit de lisina (Ballat, M., 2014).

b) Clasificación de la harina de trigo

De acuerdo con su composición las harinas de trigo se clasifican en harinas blanqueadas y harina integral.

i. Harina blanqueada

Las harinas blanqueadas son aquellas en las cuales durante el proceso de molienda, se separa el germen y salvado del endospermo. Estas harinas son sometidas a un proceso de “blanqueo”, con agentes químicos como peróxido de benzoilo, cloro, etc. Además se le adicionan otras sustancias como bromato de potasio, ácido ascórbico, azodicarbonamida, etc. Este tipo de harina incluye, las siguientes categorías (Carr, R.L., 1965):

Harina de trigo fuerte o extrafuerte (Grado A)

Esta harina presenta alto contenido de proteínas (14%) y de gluten. Se utiliza en la elaboración de pan francés y panes de gran volumen con levadura, por su alta concentración proteica forman una estructura rígida y resistente.

Harina de trigo semi-fuerte (Grado B)

La harina grado B presenta un contenido mediano de proteínas (va desde un 9% a un 14%) y gluten. Se utiliza a nivel doméstico y en la elaboración de pan dulce especial y pizza.

Harina de trigo suave (Grado C)

La harina de trigo suave presenta bajo contenido de proteínas (de 7.5% a 9.5%) y gluten. Se usa para la elaboración de pan dulce, barquillos y galletas.

Harina extra- suave (Grado D)

La harina grado D presenta un contenido bajo en proteínas, gluten y cenizas. Se utiliza en la elaboración de pasteles.

ii. Harina integral

Es aquella harina que se obtiene de la molienda del grano de trigo entero que contiene la piel y la vaina. En dicho proceso se tritura el grano para que sea comestible y forme una harina. La harina integral tiene un color café no homogéneo. Los productos más populares son pan, tortillas, galletas, pastas.

Comer alimentos elaborados con harina integral aporta nutrientes importantes para nuestro organismo como fibra, vitaminas del complejo B, vitamina E, ácidos grasos esenciales, hierro, magnesio, zinc, potasio, manganeso.

Otro beneficio es que estos alimentos tienen un índice glicémico bajo, es decir que una vez que se consumen se van integrando poco a poco al torrente sanguíneo lo que favorece una sensación de saciedad más prolongada y evita que haya exceso de insulina y/o glucosa circulante en la sangre (Hernández, A., 2011).

1.5.2. Harina de ojushte

Se entiende por harina de ojushte al polvo fino que se obtiene de la molienda de dicho fruto, previamente deshidratado, tal como se establece en el apartado 1.3.11 tiene diversas aplicaciones. La funcionalidad de sustituir una parte de la harina de trigo por harina de ojushte reside como se detalló anteriormente en la Tabla 1.8, en el aporte de proteínas (13 g aproximadamente) las cuales son de alta importancia para las diversas funciones metabólicas del cuerpo humano, además de minerales como hierro (4.8 mg) y calcio (240 mg), etc. Muchos de estos componentes no están presentes en la harina de trigo en la cantidad necesaria, por lo que la harina de ojushte vendría a complementar las deficiencias nutricionales en los productos de panadería a elaborar.

1.5.3. Harina de plátano

La harina obtenida a partir del plátano verde contiene una cantidad significativa de almidón (20%).

El almidón proveniente de musáceas son fuente de almidón resistente, lo que permite establecer que el consumo de los mismos o de alimentos elaborados a partir de estos puede ser beneficioso para la salud de las personas. El almidón resistente se define como la suma del almidón y productos de la degradación del almidón que no son absorbidos en el intestino delgado de individuos saludables. Los alimentos amiláceos que contienen almidón resistente se han asociado a varios efectos fisiológicos, tales como una baja respuesta hiperinsulinémica e hiperglicémica postprandial, disminución del colesterol en el plasma sanguíneo y a un menor

riesgo de cáncer de colon. Adicionalmente la elaboración de nuevos productos a partir Musáceas no tradicionales aportará valor agregado a estos cultivos (Pérez E., 2009).

1.6. Uso de harinas compuestas en la elaboración de pan

Las harinas compuestas se pueden considerar como mezclas de harinas de trigo y harinas procedentes de otros cereales para la elaboración de productos horneados, tanto fermentados como no fermentados y de pastas.

Las harinas compuestas básicamente tienen dos funciones diferentes: por razones económicas y/o políticas se puede reducir el uso de trigo por sustitutos de forma parcial o total y también se pueden utilizar harinas compuestas para cambiar las características nutritivas del producto, a través del enriquecimiento con proteínas, vitaminas o minerales.

La incorporación de harinas compuestas con el objetivo de sustituir parcialmente la harina de trigo para reducir las importaciones en los países no productores, empezó en la década de los 60's. Muchas investigaciones fueron desarrolladas con el propósito de sustituir la harina de trigo con otras harinas.

Algunos antecedentes de la utilización de harinas compuestas son:

- a) Viswanathan et al. Realizaron un estudio de fortificación de galletas con proteínas de alubias rojas. Se prepararon galletas con el porcentaje del 5, 15 y 25% de proteínas de alubias. Los resultados obtenidos apuntan que añadiendo el 5% de proteína de alubias no hay diferencias significativas con el control en términos de composición nutricional ni en las características físicas (Ballat, M., 2014).
- b) En otra investigación, se estudió el efecto de sustitución de harina de trigo con aislado proteico de soya, salvado de avena y harina de garbanzo (SPOBPC) en proporciones de 20, 40 y 60%. Los resultados del estudio indicaron que con esta adición disminuye la estabilidad farinográfica de la grasa, también concluyó que añadiendo 60% de SPOBPC resulta un pan con forma plana e irregular. En cuanto al perfil nutricional el pan con 40% de SPOBPC de hidroxopropilmetilcelulosa mostro un mayor contenido de proteína y un menor índice de hidrolisis de almidón comparando con un pan control (Ballat, M., 2014).

1.7. Propiedades y características físicas y químicas que se determinan en las harinas para productos de panificación

Se explican cada uno de los análisis que en la industria se le realizan a las harinas, para saber si cumple con todas aquellas características necesarias y establecidas por la ley para su transporte, almacenamiento, distribución y venta.

Se recomienda utilizar para la caracterización de harinas las normas planteadas por American Society for Testing and Materials (ASTM), para las propiedades y características físicas y químicas en las harinas para productos de panificación, la ASTM sugiere la norma ASTM D-6393.

a) Granulometría de las harinas

La granulometría es uno de los parámetros más críticos en las harinas, para esta investigación se analizara la harina compuesta con base en el RTCA 67.01.15:07, el cual establece que el tamaño de partículas debe ser tal que el 98% de la harina pase a través de un tamiz de 212 μm .

b) Ángulo de reposo

Es el ángulo formado entre la horizontal y la inclinación de un promontorio de material seco que ha sido formado dejando caer el sólido desde una altura determinada. Sirve para evaluar: capacidad de silos, flujos para su vaciado y presiones ejercidas en las paredes de éstos. Mientras más alto es el ángulo de reposo menos inundable es el material; es decir la masa de partículas tiene menor fluidez. A menor ángulo de reposo más fluidez tiene el material (Carr, L.R., 1965).

c) Ángulo de caída

Es el nuevo ángulo que alcanza el sólido, después de un golpe producido por un peso estandarizado, el cual se deja caer 5 veces antes de hacer la medición. Se mide después del ángulo de reposo (Carr, L.R., 1965).

d) Ángulo de espátula

Es una medida indirecta del ángulo de ruptura o de fricción interna. Al introducir una espátula de medidas definidas en una masa de material y al sacarla, se formarán sobre la superficie de la espátula estructuras piramidales, y el ángulo de éstos con la superficie de la espátula es el ángulo de espátula.

Los materiales de flujo libre formarán ángulos de espátula regulares y los de flujo no libre formarán ángulos irregulares en la espátula. El ángulo de espátula es siempre mayor que el ángulo de reposo, excepto para materiales de flujo muy libre. A menor ángulo de espátula mayor fluidibilidad y a un mayor ángulo de espátula menor fluidibilidad (Carr, L.R., 1965).

e) Ángulo de fricción interna

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. El ángulo de fricción interna interviene en el diseño de equipos para el procesado de partículas sólidas. Por ejemplo, se puede usar para diseñar un silo de almacenaje o el dimensionado de una cinta transportadora para materiales (Carr, L.R., 1965).

f) Densidad de masa aireada

Es la densidad aparente en su grado más alto de soltura para masas de partículas de polvos finos (harinas) (Carr, L.R., 1965).

g) Densidad aparente de materiales de flujo libre

Es el que se caracteriza porque al fluir el material libremente lo hace en forma consistente y estable como si fuera partículas individuales. Para que exista flujo libre se debe cumplir que:

- i. Las partículas deben ser de gran tamaño. Área superficial relativamente pequeña por unidad de masa.
- ii. Actividad superficial baja, se refiere a cargas o fuerzas electrostáticas en la superficie de las partículas que hace que éstas se acerquen o adhieran unas con otras.
- iii. Que las partículas sean homogéneas, uniformes, preferiblemente esféricas.

- iv. Debe ser un sólido, preferiblemente seco, no higroscópico.
- v. Partículas de densidad alta (partículas pesadas). Si las partículas no son pesadas se presenta el flujo de inundabilidad (Carr, L.R., 1965).

h) Grado de cohesión

Es la fuerza cohesiva existente en la superficie de partículas finas que están compuestas de millones de átomos o moléculas. No se dan fuerzas cohesivas aparentes en la superficie de partículas granulares secas, a menos que se utilice fuerza para empacarlas (Carr, L.R., 1965).

i) Pruebas para masas formadas a partir de harinas compuestas

La caracterización de harinas compuestas comprende un acercamiento bromatológico, morfológico y fisicoquímico, que permite una correlación entre la macroestructura, microestructura y propiedades funcionales. El uso de la microscopía se utiliza cada vez más para estudiar la influencia de los ingredientes y las condiciones de procesado en la estructura de los alimentos. Al mostrar la distribución y el estado físico de los constituyentes, particularmente de los almidones y de la grasa, el microscopio óptico suministra una explicación visual de por qué alimentos con composición química similar, poseen texturas muy diferentes (Umaña, J., 2013).

Entre las características a tomar en cuenta para la formación de masas de harinas compuestas se encuentran:

i. Capacidad de hinchamiento (CH)

Es el parámetro que permite elucidar la capacidad que tiene la masa para poder expandirse al adicionar agua u otro líquido, empleando el procedimiento siguiente. Pesar 2 g de la muestra en una probeta graduada de 25 ml, luego proceder a medir el volumen ocupado por las fibras de la masa (V_0 : ml); luego adicionar 10 ml de agua destilada y agitar manualmente durante 5 min. Se dejará reposar durante 24 horas y se medirá el volumen final (V_f) de la muestra. La ecuación siguiente nos permite obtener la capacidad de hinchamiento de la masa (Umaña, J., 2013):

$$CH = \frac{V_0(ml) - V_f(ml)}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

ii. Capacidad de retención de agua (CRA)

Se refiere, como su nombre indica, a la capacidad que posee determinado compuesto de retener agua dentro de sus fibras luego de aplicar una fuerza centrífuga sobre esta. Cuando el agua es agregada en exceso a un alimento, parte del agua interactúa con los sólidos. En otras palabras, una porción del agua añadida no aparecerá como agua libre. La base de interacción fisicoquímica del agua con los componentes de los alimentos, como los carbohidratos y demás constituyentes, está asociada con la actividad de agua. En un sentido práctico, parte del agua es "absorbida" o "ligada" al sistema de alimentos y es opuesta al agua "libre". Las proteínas de cereales contienen numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, lo cual hace hidrofílica a la proteína. Por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos. Ciertos sitios polares en las moléculas de las proteínas de leguminosa tales como los grupos carboxilo y amino son ionizables y por lo tanto, la polaridad es cambiada por las condiciones de pH lo cual favorece la absorción de agua (Umaña, 2013).

El procedimiento para determinar la CRA consiste en adicionar 10 ml de agua destilada a 1 g de muestra (base seca) y agitar un minuto con vibración magnética, posteriormente se debe centrifugar a 3000 rpm por 30 minutos y por último se mide el volumen del sobrenadante en probetas de 10 ml. La capacidad de retención de agua se expresa como los ml de agua absorbidos por g de producto, obtenida a través de la siguiente ecuación:

$$CRA \left(\frac{ml}{g} \right) = \frac{\text{Agua retenida (ml)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Además de la capacidad de hinchamiento y la capacidad de retención de agua se realizan análisis de las propiedades reológicas de la masa. Los principios básicos de las propiedades reológicas están basados en:

- a) Elasticidad (cualidad que tiene un material de volver a su punto de origen después de estirado).
- b) Viscosidad.
- c) Plasticidad (cualidad que tiene un material ya moldeado para conservar su forma resistiendo todas las fuerzas que actúan sobre el).

iii. Farinograma

En el farinógrafo, se registra el proceso de amasado de las harinas, y así se fija el comportamiento de amasado de estas. Este aparato sirve para la determinación de la adsorción de agua como parámetro principal, entre otros. Ayuda en la selección de mezclado de harinas, comportamiento de estas al amasado, en la determinación del tipo y cantidad de aditivo a utilizar; dando un estudio general de la calidad reológica de las masas; además registra el proceso de amasado de harinas de trigo y fija el comportamiento de amasado de la misma.

iv. Alveograma

Mide las características mecánicas de la harina, como tenacidad, extensibilidad y trabajo. Su utilización permite clasificar, calcular las mezclas de trigo y harina y seleccionar las mejoras para optimizar los recursos desde el punto de vista económico. Este análisis es realizado en el alveógrafo de Chopin (Umaña, J., 2013).

1.8. Materias primas utilizadas en la formulación de productos de panificación

En la industria panificadora, se usan una gran variedad de insumos para la formulación de cada uno de los alimentos que conforman esta rama, a continuación se detallan los de mayor relevancia.

1.8.1. Agentes leudantes

Son aquellas sustancias capaces de producir, o incorporar gases, en productos que van a ser horneados, con el objetivo de aumentar su volumen y producir cierta forma y textura en su masa final. El sabor de la mayoría de los productos horneados depende en parte de su consistencia porosa y ligera. El grado en que esto se alcanza depende de la elasticidad y la capacidad para retener gas de la masa de líquido y harina.

a) Leudantes químicos

Son aquellos que tienen un tiempo de reacción inmediato, son compuestos químicos que actúan por reacción química frente a la acción del agua o de algunos ácidos encontrados en el zumo de limón o productos lácteos. En la Tabla 1.18 se muestran los tipos de leudantes químicos utilizados en la industria panificadora.

Tabla 1.18. Tipos de leudantes químicos en la industria panificadora

Tipos de leudantes químicos	
Dióxido de carbono	El dióxido de carbono producido por los microorganismos se utiliza en la masa de levadura, también puede liberarse del bicarbonato de sodio (NaHCO ₃) o bicarbonato. Cuando el bicarbonato de sodio se calienta, se libera algo de dióxido de carbono de las moléculas.
Polvo de hornear	El polvo de hornear; es una mezcla de bicarbonato y ácido seco. El polvo de hornear de fosfato que ha estado fuera del mercado desde hace algunos años en tanto que el de tartrato ha sido retirado más recientemente, y el polvo de hornear actual esta formulado con monohidrato de sulfato monocálcico y sulfato de aluminio sódico.

Fuente: Charley H. (2012). Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, 2012. Nuevo León, México, Norte América. Editorial LIMUSA.

b) Leudantes físicos

Dentro de los leudantes físicos se puede mencionar el aire o el vapor de agua; éstos se producen sin el agregado de sustancias. Se obtienen por batido o amasado. En la Tabla 1.19 se muestra algunos tipos de leudantes físicos utilizados en los productos de panificación.

Tabla 1.19 Tipos de leudantes físicos en la industria panificadora

Tipos de leudantes físicos	
Vapor como leudante	El efecto del vapor se puede describir como sigue: el vapor ayuda a mantener la corteza suave durante la primera parte del horneado, de modo que el pan pueda expandirse con rapidez y de manera uniforme. También ayuda a distribuir el calor en el horno, ayudando más al aumento de volumen. Cuando la humedad del vapor reacciona con los almidones de la superficie, algunos de los almidones forman dextrinas y luego, al suspenderse el vapor, estas dextrinas se caramelizan y doran junto con los azúcares en la masa.
Aire como leudante	En los productos horneados al trabajar la masa se incorporan algunas burbujas de aire. De hecho, parece imposible poder evitar la retención de cierta cantidad de aire. Esto es favorable debido a que el aire parece ser un leudante esencial en los productos horneados. El aire se puede incorporar a una pasta mediante dos técnicas: cremado y espumado.

Fuente: Charley H. (2012). Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, 2012. Nuevo León, México, Norte América. Editorial LIMUSA.

c) Leudantes biológicos

Su tiempo de reacción es biológico, por consiguiente más lento que los anteriormente mencionados. El ejemplo de leudante biológico más conocido es la levadura de cerveza.

La levadura está constituida por células de un microorganismo llamado *Saccharomyces cerevisiae*. Estas células se reproducen bajo condiciones favorables metabolizando los azúcares fermentables en dióxido de carbono y alcohol etílico. El alcohol se evapora durante el horneado pero el gas carbónico queda atrapado en la red de gluten y es el que forma la miga. En la Tabla 1.20 se muestran los tipos de leudantes biológicos.

Tabla 1.20 Tipos de leudantes biológicos en la industria panificadora

Tipos de leudantes biológicos	
Levadura seca	Se activa con agua a temperatura ambiente antes de ser añadida a la harina.
Levadura fresca	Se disuelve en agua tibia antes de añadir la harina.
Levadura instantánea	Se esparce sobre la harina, y es activada al añadir el líquido.

Fuente: Charley H. (2012). Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, 2012. Nuevo León, México, Norte América. Editorial LIMUSA.

En la Figura 1.10, se muestran los diferentes tipos de levadura descritos anteriormente.



Figura 1.10. Diferentes tipos de levadura (de izquierda a derecha): levadura seca, fresca e instantánea

Fuente: El libro del pan (1999). Tipos de levadura, 1999. Argentina, Sur América. Recuperado el 6 de junio de 2015, de <http://es.scribd.com/doc/74939160/El-Libro-Del-Pan-Recetas-Eric-Treuille-y-Ursula-Ferrigno#scribd>

La levadura se incluye en la masa del pan debido a que, como las células metabolizan azúcares fermentables, bajo las condiciones anaeróbicas que prevalecen en la masa, producen

bióxido de carbono como producto de desecho. Este producto de desecho del metabolismo de las células de levadura se utiliza en la masa como leudante. Las células de levadura son capaces de fermentar 4 azúcares: glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa; no pueden utilizar el azúcar de la leche.

1.8.2. Otras materias primas

Además de las materias primas principales como harinas y agentes leudantes explicados en el apartado 1.5 y 1.8.1 respectivamente, se emplean otras que a pesar de estar en menor proporción que las anteriores, desempeñan una función importante en el proceso de panificación. En la Tabla 1.21 se describen cada una de estas:

Tabla 1.21. Otras materias primas empleadas en los productos de panificación

Materias primas	Descripción
Sal (NaCl)	Se usa en la panadería para mejorar el sabor, pero también influye en la velocidad y el grado de hidratación de la harina. La proporción usual es de 2.5 g por 125 g de harina, a menos que el procedimiento incluya una elevada porción de grasa salada (Charley, H., 2012).
Líquidos utilizados en la hidratación de masas panificadoras	<p>a) El agua hidrata la proteína de la harina, un paso preliminar al desarrollo del gluten; además el agua convertida en vapor sirve como un agente leudante. Aunque la hidratación de los constituyentes de la harina es esencial, también lo es la presencia de agua libre. El agua libre en la masa influye en su extensibilidad; si es mucha el agua libre, la masa es pegajosa y muy suave; si es poca, se hace dura y se resiste al estiramiento. El volumen del pan y la textura también se ven afectados, por lo cual, el agua es esencial para hidratar el almidón y haciendo posible su gelatinización durante el horneado y el vapor que proporciona, contribuye a la expansión en el horno (Charley, H., 2012).</p> <p>b) La leche que es 87% agua, es la que generalmente se utiliza en la elaboración de pan francés, debido a que aumenta el valor alimenticio y también retarda el endurecimiento del pan (Charley, 2012).</p>
Azúcar	<p>El azúcar puede acelerar el proceso de fermentación de la masa de pan, ya que proporciona un alimento adicional al cultivo de levadura, aunque algunas levaduras no necesitan azúcar para comenzar el cultivo (Treuillé & Ferrigno, 1999); suaviza la masa y hacen su estructura más fina, le da un realce de sabor y dulzura, además de color a la corteza y mejores características de conservación al retener la humedad y aumentar el valor nutritivo. (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).</p> <p>El azúcar disminuye la captación del agua de la harina e interfiere en esa forma con el desarrollo del gluten aunque en menor grado en comparación de la grasa. El color es atribuido a una reacción entre los azúcares reducidos y las proteínas en ausencia del azúcar, el tostamiento resulta de la dextrinización del almidón.</p>

Fuente: Elaboración propia

Continúa en la siguiente página.

Tabla 1.21. Otras materias primas empleadas en la producción de panificación

Materias primas	Descripción
Huevos	<p>A los productos de panadería provee la capacidad para formar emulsiones de las yemas de huevo (en masas secas ricas en grasas y azúcar), formación de espuma con la clara del huevo y yema (batidos, leudado de masas), ayuda a ligar el agua y estabilizar la corteza al coagularse sus proteínas durante el horneado.</p> <p>Mejora el sabor y valor nutricional. Debido al contenido graso el sabor del pan mejora con la adición de huevo, así mismo aumenta el valor alimenticio por su contenido en proteínas y mejora el color, debido al color amarillo de las yemas el color que se obtiene es más atractivo. (Centro Culinario Ambrosia, 2015).</p>
Materias grasas	<p>Las grasas son de los principales ingredientes enriquecedores en la panificación ya que cambian el carácter de la masa resultante. La grasa impermeabiliza el gluten, creando una barrera entre la harina y la levadura, desacelerando la fermentación y aumentando el tiempo necesario para leudar (Treullé & Ferrigno, 1999).</p> <p>Además mejoran el sabor y aroma, el volumen, agregan humedad y la retienen, ayudan a la conservación, aumenta el valor nutricional y calórico de un pan además de proporcionar una textura más fina y suave a la miga (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).</p> <p>En el caso del pan francés agregar grasa a la masa de levadura es opcional, ya que un buen pan puede hacerse sin ella. La grasa hace que el producto sea más suave y la cubierta se tueste mejor.</p>

Fuente: Elaboración propia

1.9. Proceso de formación de masa para panadería

La transformación de harina de trigo en masa para pan es un completo proceso, cuando las partículas de harina se humedecen y luego se amasan, se forma una masa coherente, cuyo carácter viscoelástico de acuerdo a Charley se atribuye al desarrollo de un complejo coloidal denominado gluten. Las principales etapas del proceso son:

a) Hidratación

La masa para pan contiene 40% o más de agua, de manera que la afinidad de la harina con el agua es grande. La harina y el agua comienzan a interactuar al momento en que se combinan, en este punto, parte del agua está unida por los constituyentes de la harina, principalmente el almidón y la proteína. La harina puede absorber o fijar firmemente poco más de una cuarta parte de su peso en agua, la masa que contiene solo agua fija es rígida, inelástica y sin vida, solo aquella porción de agua que no se requiere para lograr la capacidad de hidratación de la harina,

queda libre para contribuir a la movilidad de la mezcla de agua y harina. La relación óptima de agua y harina en la masa varía de acuerdo con la harina, ya que aquellas de trigos más duros tienen una mayor capacidad para retener agua.

b) Amasado

Permite la absorción de agua por las proteínas y los gránulos de almidón. La cantidad de agua a mezclar con la harina para conseguir una consistencia estándar por regla general es de 55-61 partes por 100 partes de harina, aumentándose proporcionalmente con los contenidos de proteína y almidón lesionado de la harina.

También permite el desarrollo de elasticidad y la extensibilidad del gluten, debido a la oxidación al aire de los grupos sulfhídricos y al reagrupamiento de los enlaces disulfuro, ocurre un cambio en la distribución de las proteínas de la harina, lo que favorece la retención del gas producido en la fermentación, el gluten a la vez es suficientemente extensible para permitir que "crezca".

Durante el amasado se forma una red de proteínas y de glicolípidos en torno a los gránulos de almidón, los cuales sufren en la superficie un inicio de gelatinización y la liberación de amilasa. Esta red deformable sería responsable de las propiedades de la masa ya mencionadas.

c) Desarrollo del gluten

El gluten es el encargado de la capacidad de retención del gas, darle las propiedades viscoelásticas a la mezcla, formación de la estructura esponjosa del pan y de la estructura semisólida de conducta elástica a la masa, todas estas propiedades son necesarias para la obtención de un pan con las características deseadas.

Para la masa formada a partir de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, se espera que el volumen de la masa obtenida, sea menor al de un pan compuesto solo por harina de trigo, ya que la cantidad de gluten es menor, y como se detalló anteriormente, este es el encargado de brindarle las propiedades a la masa para su óptimo desarrollo.

El gluten se desarrolla manipulando las partículas hidratadas de la harina. En la Figura 1.12 se muestran 3 etapas de desarrollo de gluten.

En la masa de la izquierda se observa la masa inmediatamente después que se vierte el agua en la harina, al centro está la masa con el gluten incompletamente desarrollado, la superficie lisa de la masa en la derecha muestra el gluten bien desarrollado.



Figura 1.11. Etapas de la masa en el desarrollo de gluten

Fuente: Charley H. (2012). Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, 2012. Nuevo León, México, Norte América. Editorial LIMUSA.

d) Fermentación

Es uno de los procesos más importantes, el cual está a cargo de las levaduras. La cepa utilizada es la *Saccharomyces cerevisiae*. El proceso de fermentación comprende todo el periodo desde que termina la mezcla hasta que entra al horno. La temperatura de la masa al fermentarse influye marcadamente en la velocidad de fermentación y en la calidad del producto final, cuando la temperatura se aumenta de 20 a 30°C, la velocidad de fermentación aumenta 3 veces y la velocidad es el doble a 55°C que a 25°C. Por debajo de 24°C la fermentación es lenta y la masa se esponja lentamente. La temperatura óptima para el crecimiento y la reproducción de la levadura varía entre 24-35°C, para la fermentación de la masa del pan, el intervalo óptimo de temperatura es más estrecho, estando entre 25- 27.7°C

e) Horneado

El proceso de horneado de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 200-220°C, la duración:

- i. 45-50 min pan de 2000 g
- ii. 30-40 min pan de 900 g
- iii. 20-30 min pan de 500 g
- iv. 13-18 min pan más pequeño

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción.

Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización. Además, ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100°C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.). A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor de agua, debido a la temperatura del horno, la masa sufre un rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5-10 min), variable con el peso, la forma y la calidad de la masa.

El desarrollo de la masa está relacionado con tres factores, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa, y su capacidad de retención del gas. A temperatura inferior a 55°C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo alcanzado los 65°C la actividad de la levadura cesa y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón. El almidón se degrada a dextrinas, mono y disacáridos que se exponen en la parte externa de la masa. También se produce pardeamiento no enzimático proporcionando así el dulzor y el color de la corteza, la cocción da lugar al aroma de la corteza. El aroma de la fermentación está enmascarado por el aroma formado en las reacciones de Maillard y las de caramelización. El 2-acetilpirrolina es el compuesto aromático más potente de la corteza (Plaza, M., Oliveros, L., Rodríguez, A., Rosas, J. & Vargas, M., 2004)

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA SEGUIDA PARA LA INVESTIGACIÓN

2. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA LA INVESTIGACIÓN

Se hace una descripción de la metodología a seguir para la formulación de una harina compuesta a base de trigo, ojushte y plátano, que se utilizó en la elaboración de productos de panadería como pan tipo francés y galleta tipo margarita.

Las características y composición de la harina a formular debe ser tal que tenga propiedades funcionales para ser utilizada en la elaboración de los productos de panadería antes mencionados. Los productos elaborados deben a la vez tener características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales adecuadas. Y en la medida de lo posible estos deben tener características nutricionales semejantes o mejores que las de los productos constituidos solo por trigo, y asimismo estos deberán ser valorados positivamente por los consumidores.

Por tanto, para el desarrollo y la concreción de los objetivos perseguidos es necesario realizar una serie de actividades que básicamente se dividen en las etapas que se muestran en el diagrama de flujo de la Figura 2.1 y presentadas en forma resumida en los apartados de este capítulo.

2.1. Proceso experimental de obtención de las harinas

Para la descripción de los distintos procesos tecnológicos relacionados a la obtención de las harinas, se consultó literatura especializada, tanto en publicaciones periódicas, como seminarios, libros, entrevistas con especialistas en el tema y con artesanos con suficiente conocimiento empírico en el procesamiento para el caso del ojushte y del plátano.

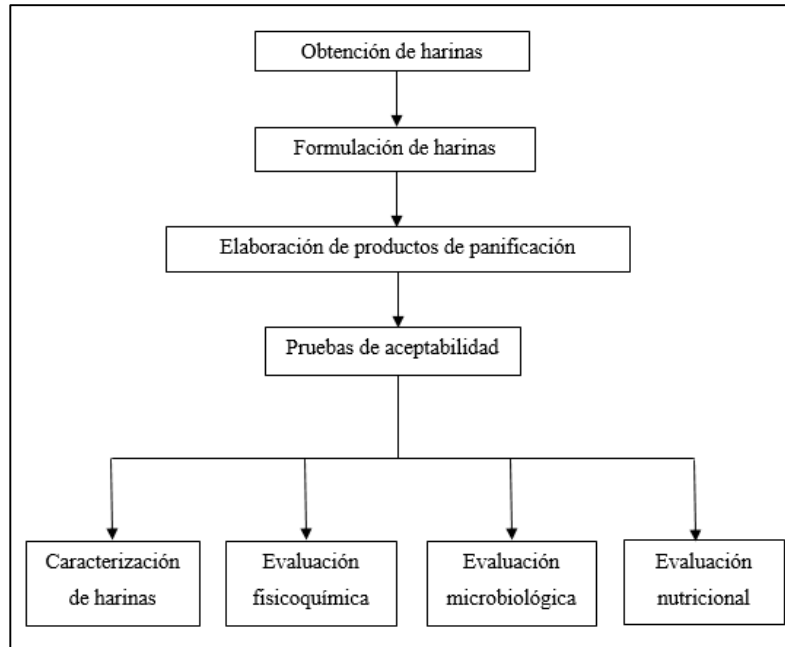


Figura 2.1. Resumen de actividades llevadas a cabo para el desarrollo del trabajo de investigación

Fuente: Elaboración propia

a) Selección de las materias primas a utilizar

Consistió en determinar los estadios de madurez para la semilla de ojushte, las cuales debieron ser verdes, ya que de esta manera se tuvo una humedad inicial aproximadamente estándar en cada uno de los frutos. Una humedad similar en las semillas es necesaria para la obtención de tiempo y temperatura de secado; las semillas deben estar de preferencias recién cosechadas y sin presencia de hongos o daños físicos en el exterior. Con respecto al plátano, este debió estar en estadio 2 de madurez, puesto que en esta etapa, el fruto presenta una composición apta de almidón necesaria para enmascarar el sabor amargo del ojushte, sin impartirle sabor propio del fruto al pan (Calderón, L.A., 2015).

b) Principales operaciones unitarias para la obtención de harinas

i. Secado

El secado es la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas. En el secado, el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire y se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua,

por lo cual los alimentos secos pueden almacenarse durante períodos bastante largos (Geankopolis, C.J., 1998)

El proceso de secado que se utilizó en la investigación fue por lotes, debido a que el equipo empleado fue un secador por bandejas, en el cual se secó la semilla de ojushte y las rodajas de plátano, para posteriormente utilizarla para molienda y obtener las harinas.

ii. Molienda

El objetivo de la trituración y molienda es producir pequeñas partículas a partir de otras más grandes. Las partículas más pequeñas son deseables por su gran superficie o bien por su forma, tamaño y número. Una medida de la eficacia de la operación se basa en la energía que se requiere para crear nueva superficie, ya que el área superficial de una unidad de masa de partículas aumenta mucho cuando las partículas disminuyen de tamaño.

Durante la reducción de tamaño, las partículas del material de alimentación son primeramente distorsionadas y forzadas (McCabe, W. L., 1991)

La molienda del ojushte y plátano deshidratado se llevó a cabo en un molino de cuchillas, debido a que era el disponible en la Universidad de El Salvador, y que permitió obtener la granulometría requerida inferior a 212 μm .

2.2. Determinación de las composiciones de las harinas formuladas

Si bien no se contó con información o antecedentes en cuanto a trabajos previos con respecto a formulación de harinas compuesta de trigo, ojushte y plátano, si se contaba con antecedentes que indicaban que al sustituir parcialmente la cantidad de trigo en un 30% como máximo, no afecta las características funcionales del mismo; sin embargo con el fin de obtener la formulación de una mezcla que cuente con características adecuadas, se procedió a establecer un procedimiento que permitiera sustituir la mayor cantidad de harina posible, sin afectar las propiedades funcionales y mejorar el valor nutritivo.

2.2.1. Elección del diseño experimental para la formulación de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

a) Elección del diseño de mezcla

El diseño de mezcla, permitió conocer cuál era la mejor combinación en las proporciones de los componentes de una mezcla, ya que se contó con el valor mínimo y máximo de las variables, así como a través de la utilización de este método se obtuvo una optimización de las proporciones de la mezcla. Luego de la elección del diseño de experimentos y teniendo los 3 componentes a utilizar (trigo, ojushte, plátano), se seleccionó el experimento de vértices extremos que demostraba ser el más apto para la investigación de acuerdo a estudios previos realizados en Chile (Universidad Católica de Chile, 2008).

En la Tabla 2.1 se presentan algunas situaciones donde es posible utilizar un diseño de experimentos. Cada uno de estos casos representa un método de diseño de experimentos diferente en el cual pueden incluirse uno o más diseños en función del objetivo perseguido.

Tabla 2.1. Tipos de métodos estadísticos adecuados según el objetivo perseguido en la investigación

Tipo de método	Objetivo perseguido
Comparativo	Elección entre alternativas
Efectos principales	Selección del factor principal que afecta la respuesta
Superficie de respuesta	Obtener una determinada respuesta Reducir la variabilidad del experimento Maximizar o minimizar una respuesta Crear un proceso robusto Hallar múltiples respuestas
Diseño de mezclas	Optimizar las proporciones de una mezcla
Modelo de regresión	Obtener una función matemática que represente el fenómeno

Fuente: Universidad Católica de Chile. (2008). Los diseños de experimentos y la tecnología de hormigón. Chile, Sur América. Recuperado el 26 de octubre de 2015, de: <http://www.redalyc.org/pdf/1276/127612580009.pdf>

b) Determinación de mezclas preliminares

Habiendo elegido el diseño experimental se procedió a la realización de pruebas preliminares para comprobar los niveles máximos de sustitución de la harina de trigo con harinas de ojushte y de plátano. Para la realización de la investigación las pruebas referidas a la composición de las harinas fueron realizadas basadas en la bibliografía especializada en el tema y comprobadas experimentalmente (StatPoint, 2006).

c) Formulación de la mezcla final

Contando con la información recopilada en las pruebas preliminares se obtuvieron parámetros para escoger las formulaciones mayormente aceptadas por los panelistas.

2.3. Proceso de elaboración de los productos de panificación

El proceso de elaboración de los productos de panificación específicamente pan tipo francés y galletas tipo margarita incluyó los siguientes aspectos:

a) Establecimiento del tipo de harina de trigo a utilizar

Se utilizó harina de trigo fuerte para la elaboración de pan tipo francés y harina de trigo suave para la elaboración de galletas tipo margarita, debido a que las propiedades intrínsecas de cada tipo de harina las vuelve adecuadas para este tipo de productos, es importante señalar que para la formulación de los productos, la composición de la harina fue la única variación en la composición del pan y galletas, los demás insumos utilizados se mantuvieron constantes. Otro aspecto importante a mencionar es que las proporciones de cada tipo de harina (trigo, ojushte y plátano) que integraron la mezcla a formular, fueron las mismas que se utilizaron para elaborar pan francés y galletas. La formulación de harinas se mantuvo constante en el pan francés y la galleta debido a que se trató con productos cuyas propiedades eran distintas en la formación de masas panificables, y se pretendía comparar el comportamiento de la masa a partir de la harina compuesta formulada.

b) Determinación de la cantidad de materia prima y agua a ser utilizada

Se estableció a partir de la elaboración experimental de los productos, literatura consultada y resultados obtenidos en la elaboración experimental, se llevó a cabo para corroborar si las cantidades empleadas cumplían con los requisitos de calidad en los productos terminados.

c) Establecimiento del tiempo de mezclado y amasado

La velocidad de amasado se determinó con el propósito de reducir los tiempos de amasado de los productos. Se determinó mediante pruebas preliminares y tomando como base los resultados que se obtuvieron en la evaluación de aceptabilidad de los productos horneados, además de evaluar la funcionalidad de aparatos como amasadoras mecánicas.

d) Determinación del tiempo de cocción

Dado que las condiciones de horneado deben ser constantes para cada lote de producto, se debió conocer a detalle los límites de temperatura a los cuales el producto presentaba mejores características organolépticas y de este modo determinar intervalos de tiempo aceptables para el horneado.

e) Establecimiento del tamaño y peso de masa para cada producto

El peso del pan francés y la galleta debió ser tal que permitiera alcanzar un volumen similar a los productos comercializados en el mercado.

2.4. Evaluación de aceptabilidad

En la elección del tipo de prueba para llevar a cabo la evaluación de aceptabilidad, se tomó en cuenta la no disponibilidad de un panel entrenado y la necesidad de pruebas que disminuyeran el error que se podría generar debido a la inexperiencia del panel, es por esto que las pruebas de aceptabilidad utilizadas fueron las denominadas “Pruebas orientadas al consumidor”, estas pruebas incluyen pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas.

Por tanto para evaluar la aceptabilidad se llevaron a cabo dos tipos de pruebas: las pruebas por ordenamiento (prueba cualitativa) y las pruebas de escala hedónica (prueba cuantitativa), las cuales se describen en las secciones 2.4.1 y 2.4.2 respectivamente.

2.4.1. Prueba de aceptabilidad por ordenamiento

Las pruebas de aceptabilidad se emplearon para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso de compra y consumo. Se divide en las siguientes etapas:

- a) Descripción de la tarea de los panelistas: en esta parte se explica a los panelistas que deben ordenar las muestras codificadas, en base a su aceptabilidad, desde la menos aceptada hasta la más aceptada. Usualmente, no se permite la ubicación de dos muestras en la misma posición.
- b) Presentación de las muestras: tres muestras son presentadas en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. Cada muestra recibe un número diferente. Todas las muestras se presentan simultáneamente a cada panelista. El saborear las muestras más de una vez es permitido en esta prueba.
- c) Análisis de datos: para el análisis de datos, se suma el total de los valores de posición asignados a cada muestra; a continuación, se determinan las diferencias significativas entre muestras comparando los totales de los valores de posición de todos los posibles pares de muestras.

2.4.2. Pruebas Hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Los panelistas indicaron el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada. Se divide en las siguientes etapas:

- a) Descripción de la tarea de los panelistas: se les pide evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando en una escala de 9 puntos, cuanto les agradó cada muestra. En esta escala fue permitido asignar la misma categoría a más de una muestra.
- b) Presentación de las muestras: las muestras se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios. La presentación simultánea de las muestras le permite a los panelistas volver a evaluarlas si así lo desean y además, hacer comparaciones entre estas.
- c) Análisis de los datos: los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. En el análisis de varianza, la varianza total se divide en varianza asignada a diferentes fuentes específicas. La

varianza de las medias entre muestras se compara con la varianza dentro de la muestra (llamada también error experimental aleatorio).

La medida de la varianza total para la prueba es la suma total de los cuadrados SC (T). La varianza medida entre las medias de las muestras es la suma de los cuadrados de los tratamientos o SC (Tr). La medida de la varianza entre las medias de panelistas es la suma de los cuadrados de los panelistas SC (P). La suma de los cuadrados del error SC (E), es la medida de la varianza debida al error experimental o aleatorio. Los cuadrados medios (CM) para el tratamiento, los panelistas y el error, se calculan dividiendo cada SC entre sus respectivos grados de libertad (gl). Luego se calculan las razones entre CM (Tr) y CM(E) y entre CM(P) y CM(E). Estas razones se conocen como valores F o F estadística. Los valores F calculados se comparan con los valores F de las tablas, para determinar si existen diferencias significativas entre las medias del tratamiento o de los panelistas. Si el valor F calculado es superior al valor F tabulado, para el mismo número de grados de libertad, habrá evidencia de que hay diferencias significativas (Watts, 1992).

2.5. Evaluación de las harinas y los productos elaborados

Una vez realizada la evaluación de aceptabilidad de los productos elaborados se procede a realizar la caracterización de harinas y la evaluación fisicoquímica, microbiológica y nutricional de las harinas y los productos que obtuvieron una mayor aceptabilidad en la evaluación.

2.5.1. Caracterización de propiedades de masas de partículas de la harina compuesta

La metodología retomada para los análisis fue la establecida por la norma ASTM D: 6393-99: Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices y la norma ASTM Tests (2003): Normas para determinar Densidad de Masa de partículas y velocidades de flujo. El realizar esta serie de pruebas a la mezcla de harinas para pan tipo francés y para galletas tipo margarita, tenía como objetivo conocer el comportamiento de la harina compuesta durante su transporte y almacenamiento, ya que al ser un producto nuevo, no se cuenta con información de dicho comportamiento. Los análisis que se realizaron fueron:

- a) Angulo de: reposo, caída, espátula y fricción interna
- b) Densidad: aireada, empacada, aparente y de trabajo
- c) Porcentaje de cohesión
- d) Tamaño de partícula

2.5.2. Evaluación de las harinas y de los productos elaborados

a) Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos para la mezcla de harinas obtenidas y de los productos terminados fueron desarrollados por el equipo de trabajo.

La metodología empleada para la evaluación de las harinas fue la sugerida por el *RTCA 67.01.15:07: Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones*, con el objetivo de conocer la calidad de las harinas y los productos. El resultado obtenido se confrontó con lo establecido por dicho reglamento. Los análisis que se realizaron fueron:

- i. Acidez de grasa
- ii. Humedad
- iii. Ceniza

Con respecto al pan tipo francés y la galleta tipo margarita, los análisis realizados y la metodología, fueron tomados de la *NSO 67.30.01:04: Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*, confrontando los resultados con el mismo. Los análisis realizados fueron:

- i. Humedad
- ii. Acidez
- iii. Cloruro de sodio

b) Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos se realizaron para verificar la calidad de la materia prima y fueron realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. Los resultados obtenidos, debido a que no se dispuso con normativas para harinas compuestas, se confrontaron con la normativa nacional respectiva para la harina de trigo (*RTCA 67.01.15:07: Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones*)

y de los productos de panificación (*NSO 67.30.01:04: Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*). Los análisis que se realizaron fueron los siguientes:

- i. Mezcla de harinas: Recuento de hongos filamentosos y levaduras
 - ii. Productos de panificación: coliformes totales, *E. coli*, recuento de hongos filamentosos y levaduras, *S. aureus*, recuento total de aerobios y *Salmonella spp.*
- c) Evaluación nutricional de los productos

Debido a que los componentes de la harina compuesta, según la bibliografía consultada, son altos en proteínas y minerales, es recomendable conocer fidedignamente su aporte nutricional a la dieta diaria de las personas, para dicho fin se elaboró una propuesta de etiqueta nutricional para el pan tipo francés y galleta tipo margarita, siguiendo los estándares establecidos por el *RTCA 67.01.15:07: Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones*.

Una vez establecida la metodología para la investigación, se procede a la realización de la etapa experimental, detallada en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III:
ETAPA EXPERIMENTAL
PARA LA OBTENCIÓN
DE HARINAS Y
PRODUCTOS DE
PANIFICACIÓN

3. ETAPA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINAS Y PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN

En este capítulo se presenta de forma detallada el proceso de obtención de harina de ojushte y plátano, así también, se explican las etapas para la formulación de la harina compuesta y posteriormente la elaboración de los productos de panificación.

3.1. Elaboración de la curva de secado

La metodología empleada para la elaboración de curvas de secado de semillas de ojushte y plátano, consistió en realizar el proceso por triplicado y se seleccionó el grupo de datos con menor incertidumbre para la elaboración de las mismas.

3.1.1. Curva de secado de semillas de ojushte

Se realizó el secado a 3 lotes de semillas, cada uno conformado por 9 unidades, de cada lote se construyó su respectiva curva y se eligió la que se acercaba más a la forma teórica de una curva de secado.

Para minimizar los errores del proceso, las 9 muestras de semillas de ojushte debieron estar recién cosechadas, libres de hongos y abrasiones, con un diámetro y forma similar; se pesaron y colocaron en un deshidratador a 155°C.

Para establecer la temperatura de 155 °C se realizaron pruebas preliminares, una a 145°C y otra a 155°C, el tiempo de secado fue de 11 horas y 10.5 horas respectivamente, se estableció que la temperatura más adecuada para el secado era de 155°C.

La Tabla 3.1 muestra el peso de las masas iniciales de las muestras de semillas de ojushte que se sometieron a la etapa de secado, con su respectivo diámetro.

Tabla 3.1. Diámetro y masas iniciales promedio de las muestras de ojushte usadas para la construcción de curvas de secado

Muestra	Masas iniciales de las semillas de ojushte (g)	Diámetro (cm)
1	1.551	1.43
2	1.773	1.53
3	2.173	1.52
4	1.819	1.59
5	1.638	1.5
6	2.08	1.59
7	2.013	1.61
8	2.040	1.64
9	1.834	1.57
Promedio	1.880	1.553

Fuente: Elaboración propia

Las semillas de ojushte fueron colocadas en el deshidratador a 155°C, hasta la obtención de peso constante. En la Tabla 3.2 se presentan los datos experimentales del lote que reportó valores con menor variación en los pesos de las semillas de ojushte en cada tiempo para la elaboración de la curva de secado.

En la Figura 3.1 se presentan las semillas de ojushte frescas que se sometieron a secado y el resultado de las mismas después de esta etapa.

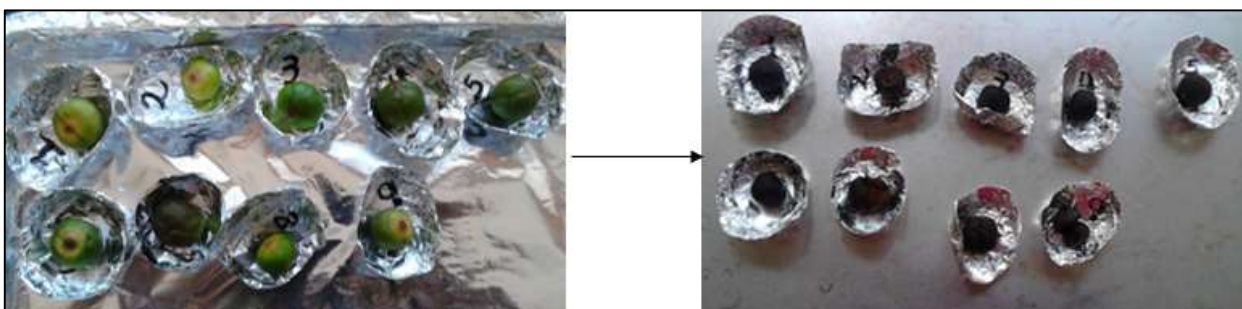


Figura 3.1. Semillas de ojushte antes y después de la etapa de secado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2. Datos experimentales de cambios en las masas de semillas de ojushte durante el proceso de secado

A	B	C	D	Tiempo de secado (h)							
				1	2	3	4	4.5	5	5.5	6
				Peso de ojushte en cada tiempo (g)							
1	0.145	1.696	1.551	1.481	1.422	1.372	1.326	1.305	1.287	1.27	1.234
2	0.133	1.906	1.773	1.658	1.553	1.47	1.401	1.377	1.352	1.329	1.291
3	0.152	2.325	2.173	2.044	1.949	1.886	1.83	1.808	1.788	1.776	1.749
4	0.144	1.963	1.819	1.693	1.59	1.501	1.412	1.376	1.339	1.312	1.247
5	0.114	1.752	1.638	1.56	1.477	1.391	1.307	1.279	1.239	1.221	1.173
6	0.091	2.171	2.08	1.963	1.858	1.75	1.666	1.621	1.57	1.528	1.465
7	0.123	2.136	2.013	1.903	1.776	1.687	1.623	1.590	1.562	1.545	1.510
8	0.143	2.183	2.040	1.921	1.804	1.695	1.62	1.593	1.569	1.55	1.521
9	0.127	1.961	1.834	1.761	1.69	1.619	1.564	1.544	1.524	1.506	1.476
Promedio	0.130	2.010	1.880	1.776	1.679	1.596	1.527	1.499	1.470	1.448	1.407

Fuente: Elaboración propia

Continúa en la siguiente página

Donde:

- A: Número de muestra
- B: Peso de charola de aluminio vacía (g)
- C: Masa de semillas de ojushte inicial + masa de charola (g)
- D: Masa inicial de las semillas de ojushte (g)

Tabla 3.2. Datos experimentales de cambios en las masas de semillas de ojushte durante el proceso de secado

A	Tiempo de secado (h)													
	6.5	7	7.5	8	8.25	8.5	8.75	9	9.25	9.5	9.75	10	10.25	10.5
Peso de ojushte en cada tiempo (g)														
1	1.217	1.199	1.18	1.16	1.151	1.143	1.134	1.121	1.115	1.106	1.1	1.089	1.074	1.072
2	1.268	1.249	1.233	1.221	1.215	1.211	1.206	1.2	1.197	1.193	1.191	1.186	1.182	1.18
3	1.735	1.724	1.712	1.701	1.697	1.692	1.688	1.687	1.683	1.68	1.674	1.668	1.662	1.661
4	1.213	1.186	1.162	1.141	1.132	1.122	1.117	1.109	1.103	1.098	1.092	1.083	1.075	1.074
5	1.149	1.13	1.115	1.099	1.094	1.085	1.078	1.075	1.071	1.067	1.064	1.057	1.05	1.049
6	1.425	1.394	1.367	1.344	1.333	1.324	1.314	1.307	1.302	1.296	1.29	1.282	1.273	1.272
7	1.491	1.479	1.471	1.462	1.459	1.455	1.449	1.449	1.447	1.445	1.442	1.439	1.434	1.433
8	1.499	1.486	1.474	1.458	1.454	1.449	1.444	1.44	1.437	1.435	1.429	1.425	1.423	1.423
9	1.461	1.447	1.434	1.414	1.405	1.400	1.393	1.387	1.382	1.377	1.367	1.36	1.358	1.358
Promedio	1.384	1.366	1.349	1.333	1.326	1.320	1.313	1.308	1.304	1.299	1.294	1.287	1.281	1.280

Fuente: Elaboración propia

Donde:

a) A: Número de muestra

De la Tabla 3.2 se obtiene que el valor de sólidos secos (Ss) es de 1.28 g, este valor se utilizó para la obtención del flux, el cual se define como la cantidad de agua que pasa a través de un área en un determinado tiempo. Para realizar este cálculo se determinó primero el área de las muestras usando la Ecuación 3.1:

$$\text{Área de la muestra} = 4\pi r^2 \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

El radio se obtuvo a partir del promedio de los diámetros de cada una de las muestras (Tabla 3.1).

Como se muestra a continuación el diámetro promedio fue convertido a metros y se dividió entre 2 para obtener el radio:

$$\text{Radio} = \frac{1.553 \text{ cm}}{2} * \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.0078 \text{ m}$$

Sustituyendo en la Ecuación 3.1:

$$A = 4\pi * (0.0078)^2 = 0.000764 \text{ m}^2$$

Luego, con las masas y tiempos que se obtuvieron del secado de las semillas de ojushte presentadas en la Tabla 3.2, se procedió a calcular el flux y la humedad para construir las gráficas Humedad-Tiempo y Flux-Humedad. A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de flux para un tiempo de 2 h.

Para calcular cada uno de los datos, se usaron las siguientes ecuaciones:

$$X = W_{es} - W_s \quad (\text{Ecuación 3.2}) \quad \frac{dX}{dt} = \frac{X_{t+i} - X_t}{t_{i+1} - t_i} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

$$X_t = \frac{X \text{ kg totales de agua}}{W_s \text{ kg de sólido seco}} \quad (\text{Ecuación 3.3}) \quad N = -\frac{S_s}{A} \frac{dX}{dt} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Dónde:

- X: Humedad libre en semillas de ojushte seco
- X_t : Humedad

- W_{es} : Peso del sólido húmedo (kg totales de agua más sólido seco)
- W_s : Peso del sólido seco (kg)
- $\frac{dX}{dt}$: Diferencia de Xi menos la X anterior/ diferencia de t_i menos el tiempo anterior
- N: Flux (Velocidad de secado)

Siendo el peso de la semilla de ojushte húmedo de 0.0017 kg y el peso de los sólidos secos de 0.0013 kg,

Se obtiene la humedad libre en las semillas de ojushte, usando la Ecuación 3.2:

$$X = 0.0017 - 0.0013 = 0.004 \text{ kg}$$

Luego obteniendo la humedad, usando la Ecuación 3.3:

$$X_t = \frac{0.004}{0.0013} = 0.3122 \text{ kg de agua/kg sólido seco}$$

Posteriormente se calcula el diferencial dx/dt , con la Ecuación 3.4:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{0.3122 - 0.3877}{2 - 1} = 0.0751$$

Para finalmente proceder a calcular el flux, usando la Ecuación 3.5:

$$N = (0.0751) * \frac{0.0013}{0.000764} = 0.1268 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{m}^2\text{-h}}$$

En la Tabla 3.3 se muestra el valor de flux obtenido para cada medición de tiempo de las semillas de ojushte.

Tabla 3.3. Datos de los cambios en las semillas de ojushte para construcción de curvas de secado

Tiempo (h)	Peso de humedad (kg)	Humedad libre en semillas de ojushte secas (kg)	Humedad (kg de agua/kg sólido seco)	$\frac{dx}{dt}$	Flux ($\frac{Kg H_2 O}{m^2-h}$)
1	0.0018	0.0005	0.3873	0.0000	0.0000
2	0.0017	0.0004	0.3122	0.0751	0.1268
3	0.0016	0.0003	0.2348	0.0774	0.1308
4	0.0015	0.0003	0.1972	0.0751	0.1270
4.5	0.0015	0.0002	0.1711	0.0523	0.0884
5	0.0015	0.0002	0.1475	0.0472	0.0797
5.5	0.0014	0.0002	0.1233	0.0484	0.0818
6	0.0014	0.0001	0.1008	0.0448	0.0758
6.5	0.0014	0.0001	0.0823	0.0372	0.0628
7	0.0014	0.0001	0.0647	0.0352	0.0594
7.5	0.0013	0.0001	0.0489	0.0316	0.0533
8	0.0013	0.0001	0.0415	0.0297	0.0502
8.25	0.0013	0.0000	0.0363	0.0206	0.0348
8.5	0.0013	0.0000	0.0312	0.0206	0.0348
8.75	0.0013	0.0000	0.0262	0.0200	0.0338
9	0.0013	0.0000	0.0219	0.0169	0.0285
9.25	0.0013	0.0000	0.0187	0.0131	0.0222
9.5	0.0013	0.0000	0.0152	0.0137	0.0232
9.75	0.0013	0.0000	0.0110	0.0169	0.0285
10	0.0013	0.0000	0.0058	0.0209	0.0354
10.25	0.0013	0.0000	0.0008	0.0200	0.0338
10.5	0.0013	0.0000	0.0000	-0.0001	-0.0001

Fuente: Elaboración propia

Para conocer la curva de regresión del proceso de secado de la semilla de ojushte se analizaron diferentes curvas para cada modelo de regresión con base a la R^2 , eligiendo la curva cuyo valor de R^2 fuera igual o cercano a 1, si $R^2=1$, se puede decir que la curva posee un ajuste aproximadamente ideal y que la variable dependiente es funcional con respecto a la independiente, en cambio si el R^2 es cercano a 1, la curva presenta una alta capacidad explicativa de la recta, dado que la mayor parte de los datos tabulados obtenidos

experimentalmente, se encuentran cercanos unos a otros, por lo que el sesgo del análisis se ve considerablemente disminuido.

A partir de las curvas de secado se determinó el tiempo de secado para las semillas de ojushte, en el cual se conservan sus características nutricionales y organolépticas; como se muestra en el capítulo 4 y 5.

En la Figura 3.2 se presenta la gráfica de la Humedad vs. Tiempo, a la cual se le aplicó una regresión cuadrática. La ecuación obtenida fue la siguiente:

$$y = 0.0036x^2 - 0.0811x + 0.4599, \text{ con un } R^2 \text{ de } 0.9985.$$

En la Figura 3.3 se muestra la gráfica del Flux vs. Humedad, se utilizó una regresión polinomial de grado 6°. La ecuación para la regresión obtenida fue: $y = 4043.8x^6 - 4329x^5 + 1640.5x^4 - 267.19x^3 + 17.207x^2 + 0.2241x + 0.0201$, con un R^2 de 0.9564.

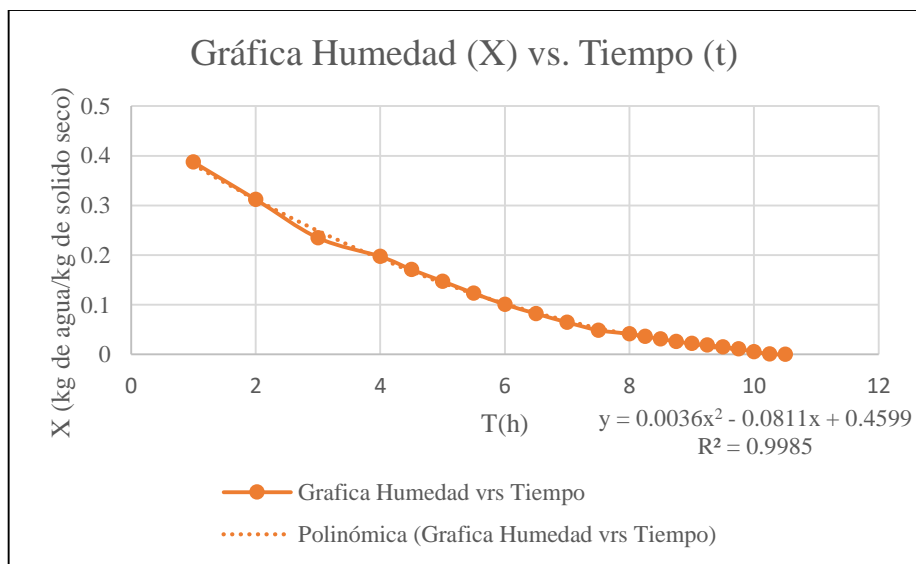


Figura 3.2. Gráfica humedad vs. Tiempo para las semillas de ojushte. Curva de regresión

Fuente: Elaboración propia

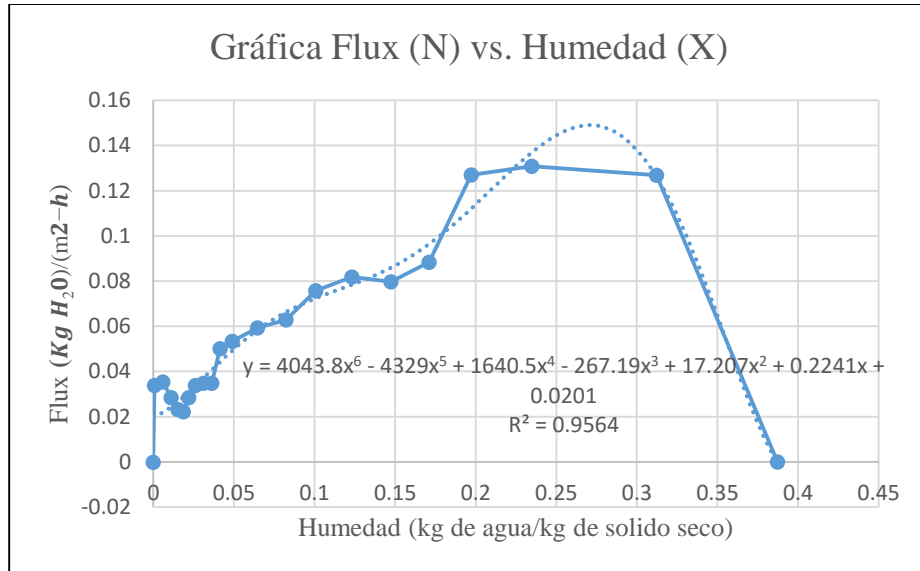


Figura 3.3. Gráfica flux vs. Humedad para las semillas de ojushte. Curva de regresión

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Curva de secado del plátano

Para la construcción de la curva de secado, se realizó el deshidratado de 3 lotes de plátano, conformados por 9 muestras de rodajas cada uno, las muestras tenían un espesor aproximadamente de 0.27 mm y fueron obtenidas de frutos con madurez en estadio 2, libres de abrasiones, ataques de insectos, descomposición, y magulladuras, esto con el fin de estandarizar las muestras y obtener datos confiables.

Las muestras fueron colocadas en el deshidratador a 135°C. Para determinar la temperatura de 135 °C, se realizaron pruebas preliminares de secado, una a 125°C y otra a 135°C, el tiempo de secado fue de 6 horas y 4 horas, respectivamente, se estableció que la temperatura más adecuada para el secado era de 135°C.

Las rodajas de plátano colocadas en el deshidratador se mantuvieron ahí hasta la obtención de peso constante. La Tabla 3.4, muestra las masas iniciales de las rodajas de plátano con sus respectivos diámetros que fueron sometidos a la etapa de secado.

Tabla 3.4. Diámetro y masas iniciales promedio de muestras de rodajas de plátano usadas para la construcción de curvas de secado

Muestra	Masas iniciales de rodajas de plátano (g)	Diámetro (cm)
1	2.624	3.38
2	2.134	3.25
3	2.396	3.52
4	2.152	3.34
5	2.138	3.33
6	2.426	3.38
7	2.531	3.39
8	2.492	3.36
9	2.287	3.36
Promedio	2.353	3.368

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3.4 presenta los resultados de las rodajas de plátano que se sometieron a secado.



Figura 3.4. Imagen de las rodajas de plátano después de la etapa de secado

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.5 se presentan los datos experimentales de los pesos de plátano en cada tiempo para la elaboración de la curva de secado.

Tabla 3.5. Datos experimentales de los cambios en las masas de muestras de rodajas de plátano durante el proceso de secado

A	B	C	D	Tiempo de secado (h)									
				0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.25	3.5	3.75	4
				Peso de plátano en cada tiempo (g).									
1	0.323	2.947	2.624	2.429	1.97	1.776	1.528	1.235	1.066	1.057	1.048	1.046	1.042
2	0.246	2.38	2.134	1.934	1.764	1.383	1.095	0.877	0.845	0.844	0.843	0.839	0.839
3	0.321	2.717	2.396	2.071	1.765	1.355	1.111	0.979	0.951	0.949	0.947	0.947	0.947
4	0.345	2.497	2.152	1.685	1.237	0.959	0.879	0.859	0.852	0.852	0.849	0.849	0.849
5	0.288	2.426	2.138	1.739	1.453	1.107	0.963	0.861	0.847	0.848	0.843	0.843	0.843
6	0.300	2.726	2.426	2.124	1.923	1.543	1.212	1.014	0.957	1.074	0.948	0.949	0.944
7	0.420	2.951	2.531	2.19	1.932	1.722	1.418	1.248	0.988	0.979	0.971	0.971	0.966
8	0.407	2.899	2.492	2.255	1.998	1.692	1.306	1.072	0.976	0.969	0.963	0.963	0.96
9	0.296	2.583	2.287	2.134	1.846	1.597	1.243	1.019	0.914	0.901	0.896	0.894	0.891
Promedio	0.3273	2.680	2.353	2.062	1.765	1.459	1.195	1.018	0.932	0.941	0.923	0.922	0.920

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- A: Número de muestra
- B: Peso de charola de aluminio vacía (g)
- C: Masa de rodajas de plátano inicial + masa de charola (g)
- D: Masas iniciales de las rodajas de plátano (g)

De la Tabla 3.5 se obtiene que el valor de sólidos secos (Ss) es de 0.92 g, dicho valor se utiliza para la obtención del flux. Para realizar este cálculo se determina primero el área de las muestras, usando la Ecuación 3.6:

$$\text{Área de la muestra} = 2\pi * \text{radio}(\text{altura} + \text{radio}) \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

El radio se obtuvo del promedio de los diámetros de cada una de las muestras (Tabla 3.4).

Otros datos que se emplearon para la determinación del área fue la altura, la cual tenía un valor de 0.0027 m, el diámetro promedio fue convertido a metros y se dividió entre 2 para obtener el radio, como se muestra a continuación.

$$\text{Radio} = \frac{3.368 \text{ cm}}{2} * \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.01684 \text{ m}$$

Finalmente se calculó el área haciendo uso de la Ecuación 3.8:

$$A = 2\pi * 0.01684 \text{ m}(0.0027 \text{ m} + 0.01684 \text{ m}) = 0.002068 \text{ m}^2$$

Luego con los pesos obtenidos mostrados en la Tabla 3.5, se procedió a calcular el flux y la humedad para construir las gráficas Humedad-Tiempo y Flux-Humedad. La Tabla 3.6 muestra los datos obtenidos.

Las ecuaciones que se utilizaron para calcular cada uno de los datos fueron las mismas que se usaron en la construcción de la curva de las semillas de ojushte, en el apartado 3.1.1.

Tabla 3.6. Datos de los cambios en las rodajas de plátano para construcción de curvas de secado

Tiempo (h)	Peso de humedad (kg)	Humedad libre en plátano seco (kg)	Humedad (kg de agua/kg sólido seco)	$\frac{dx}{dt}$	Flux $(\frac{Kg H_2 O}{m^2-h})$
0	0.0023	0.0014	1.5600	0	0
0.5	0.0020	0.0011	1.2414	0.6373	0.2835
1	0.0017	0.0008	0.9185	0.6455	0.2872
1.5	0.0014	0.0005	0.5860	0.6650	0.29590
2	0.0011	0.0002	0.2987	0.5745	0.2556
2.5	0.0010	9.81E-05	0.1066	0.3843	0.1709
3	0.0009	0.00002	0.03010	0.3060	0.1361
3.25	0.0009	0.00002	0.02314	0.0278	0.0123
3.5	0.0009	3E-06	0.0032	0.0795	0.0353
3.75	0.0009	2.2E-06	0.0023	0.0034	0.0015
4	0.0009	0	0	-0.0005978	-0.000266

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.5 se presenta la gráfica de humedad vs. Tiempo a la cual se le aplicó una regresión cuadrática. La ecuación de la regresión obtenida es: $y = 0.1181x^2 - 0.877x + 1.6145$ y el R^2 fue de 0.9958. Así mismo en la Figura 3.6, se muestra la gráfica del Flux vs. Humedad, a la cual se aplicó una regresión polinomial de 4° grado, la ecuación de la regresión es: $y = -1.2676x^4 + 3.9503x^3 - 4.3026x^2 + 1.9105x$ y el R^2 obtenido fue de 0.9431.

Debido a los valores de R^2 que se obtuvieron, se puede observar que los parámetros con los que se trabajó son aceptables, así como los datos experimentales obtenidos.

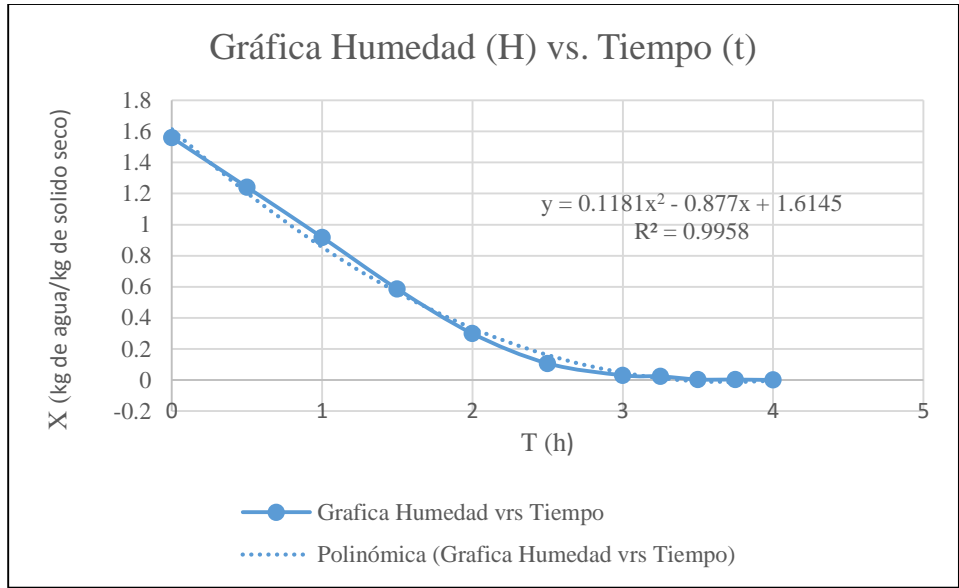


Figura 3.5. Gráfica Humedad vs. Tiempo para las rodajas de plátano. Curva de regresión

Fuente: Elaboración propia

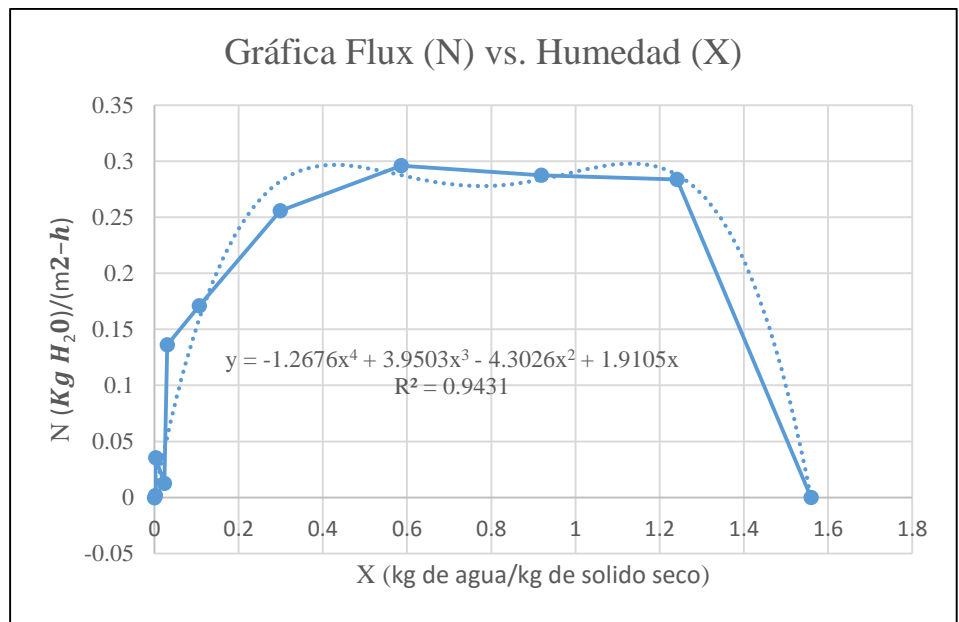


Figura 3.6. Gráfica Flux vs. Humedad para las rodajas de plátano. Curva de regresión

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Resultados de las curvas de secado de las semillas de ojushte y rodajas de plátano

A partir de la elaboración de las curvas de secado de las semillas de ojushte y las rodajas de plátano se permitió establecer el tiempo más adecuado de tratamiento para cada una de las materias primas.

La temperatura más adecuada para el secado de las semillas de ojushte fue de 155°C en un tiempo de 10.5 horas y con respecto a las rodajas de plátano fue de 135°C durante 4 horas, este tiempo se determinó a partir de la elaboración de las curvas de secado mostradas en los apartados 3.1.1 y 3.1.2, debido a que se presentaban mejores características sensoriales, como harina y como productos terminados.

3.2. Proceso experimental de obtención de harinas

En este apartado se explica de forma más detallada la serie de pasos, así como la materia prima utilizada en la obtención de las harinas.

3.2.1. Materias primas empleadas

En la Tabla 3.7, se presenta una breve descripción de las características de cada una de las materias primas que se usaron para la obtención de las harinas.

Tabla 3.7. Características de las materias primas empleadas para la elaboración de productos de panadería

Nombre	Nombre científico	Muestra vegetal	Lugar de obtención	Precio
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Harina fuerte	Centro Comercial El Roble	\$0.261 centavos por libra
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Harina suave	Centro Comercial El Roble	\$0.249 centavos por libra.
Ojushte	<i>Brosimum alicastrum</i>	Semilla	San Isidro, Nahuizalco, Sonsonate	\$0.25 centavos por libra
Plátano	<i>Musa Sapientum</i>	Fruto	Parcela 2, de la plantación de plátano en el CENTA. Plátano tipo criollo o Usulután.	\$0.10 centavos por unidad.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Obtención de harina de trigo

Se utilizó harina de trigo fuerte para la elaboración de pan tipo francés y harina suave para la galleta tipo margarita, que cumpliera con la legislación establecida, además de tener aceptación por parte de la población.

3.2.3. Obtención de harina de ojushte

Para la obtención de la harina de ojushte se llevaron a cabo una serie de pasos según la Figura 3.7. Cada una de las etapas del proceso de obtención de harina de ojushte se describe brevemente a continuación:

a) Limpieza y lavado

Las semillas de ojushte utilizadas deben estar libre de impurezas y materia extraña, así mismo ausencia de insectos y plagas. El color de la semilla debe ser verde, ya que se requiere semilla fresca para su secado. Las semillas de ojushte poseen una cáscara que fue retirada de forma manual. Posteriormente la semilla fue sumergida en agua clorada a una concentración de 100 ppm, después de 3 minutos de inmersión, se lavó con abundante agua potable.

b) Secado

La semilla de ojushte lavada y entera se colocó en las bandejas del deshidratador, se secaron aproximadamente 336 g de semillas de ojushte por bandeja durante 10.5 horas a una temperatura de 155 °C.

c) Molienda

Después del secado se procedió a la molienda, utilizando un molino de cuchillas facilitado por la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad de El Salvador. Fue necesario repetir 3 veces la molienda, para obtener la granulometría requerida. El tiempo total requerido para la molienda de 791.6 g de semillas de ojushte secas fue de 1 hora y 30 minutos.

d) Tamizado

El proceso de tamizado se realizó con un arreglo de tres tamices Tyler malla N° 60, 100 y 200.

e)Empacado/ Almacenamiento

Se recomienda que la harina sea empacada en bolsas de polietileno, almacenadas en pallets de madera a una temperatura de 20-25°C y una HR menor al 75%.

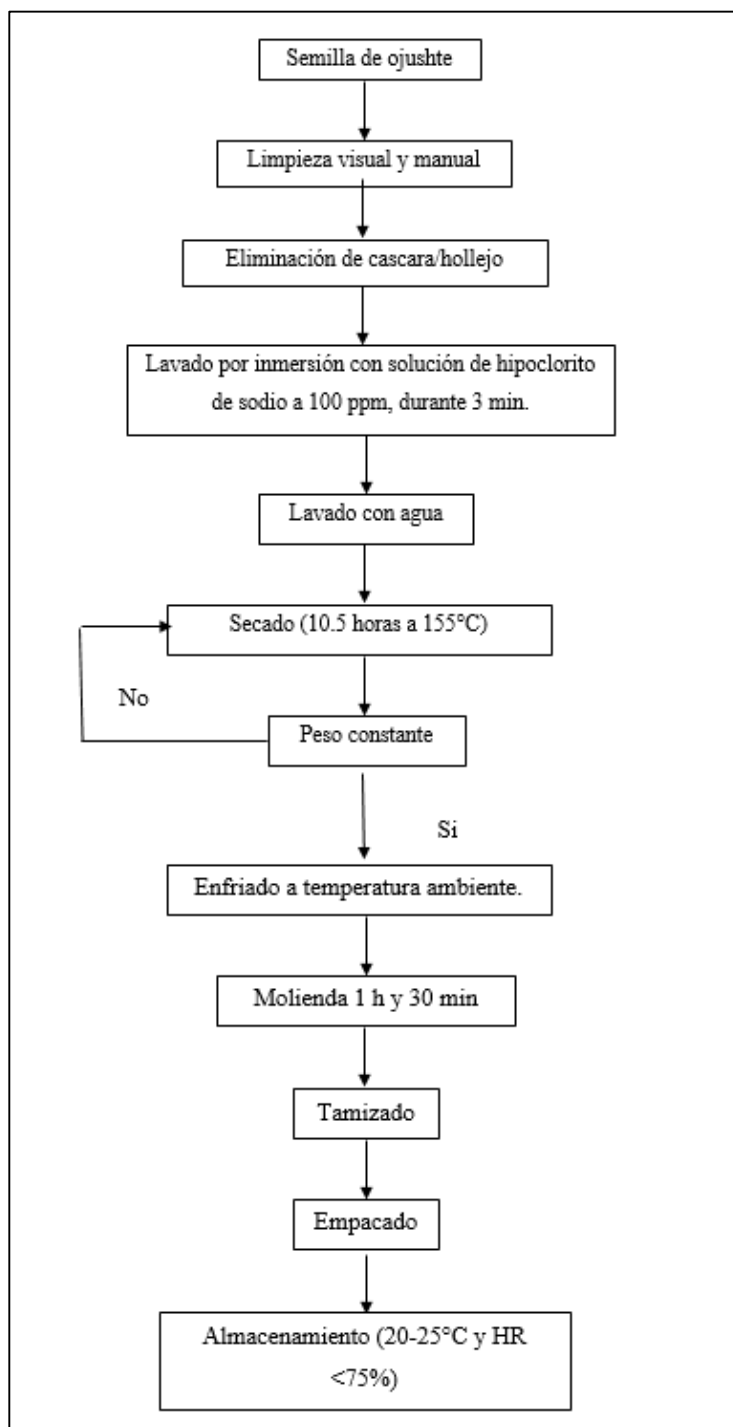


Figura 3.7. Proceso experimental para la obtención de harina de ojushte

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Obtención de harina de plátano

Con respecto a la harina de plátano, a continuación se presentan la serie de pasos para la obtención de esta, en la Figura 3.8, se muestra el flujograma para dicho procedimiento.

a) Limpieza y lavado

El plátano a utilizar debió estar en estadio 2 de madurez, la materia prima no debe presentar vetas de color pardo oscuro, abrasiones en la piel, magulladuras por impacto y cualquier tipo de descomposición.

El lavado del plátano se realizó por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm durante 3 min, posteriormente se lavó con agua potable.

b) Pelado

El plátano lavado, se pelo de forma manual con la ayuda de un cuchillo. En esta operación, para no presentar pérdidas se debió tener un especial cuidado al momento de retirar la cáscara, ya que la cáscara se encuentra muy adherida al fruto.

c) Rebanado

Posteriormente al pelado, se rebanaron los plátanos en forma circular, con un espesor de 0.27 mm y un diámetro de 3.25-3.52 cm aproximadamente.

d) Secado

Las rodajas de plátano rebanadas se colocaron en las bandejas del deshidratador, aproximadamente 74 rodajas de plátano por bandeja durante 4 horas y una temperatura de 135 °C.

e) Molienda

Después del secado las rodajas de plátano se sometieron a molienda, utilizando un molino de cuchillas, facilitado por la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad de El Salvador. A diferencia de las semillas de ojushte, las rodajas de plátano necesitaron solo un ciclo de molienda para obtener la harina. El tiempo de molienda fue de 30 min para 386.4 g.

f) Tamizado

El proceso de tamizado se realizó con una serie de tamices Tyler malla N° 60, 100 y 200.

g)Empacado/ Almacenamiento

Posteriormente al tamizado, la harina fue empacada en bolsas de polietileno de 2 lb. La harina debe ser almacenada a una temperatura de 20-25°C y una HR menor al 75%, ya que en estas condiciones se preserva mejor el alimento.

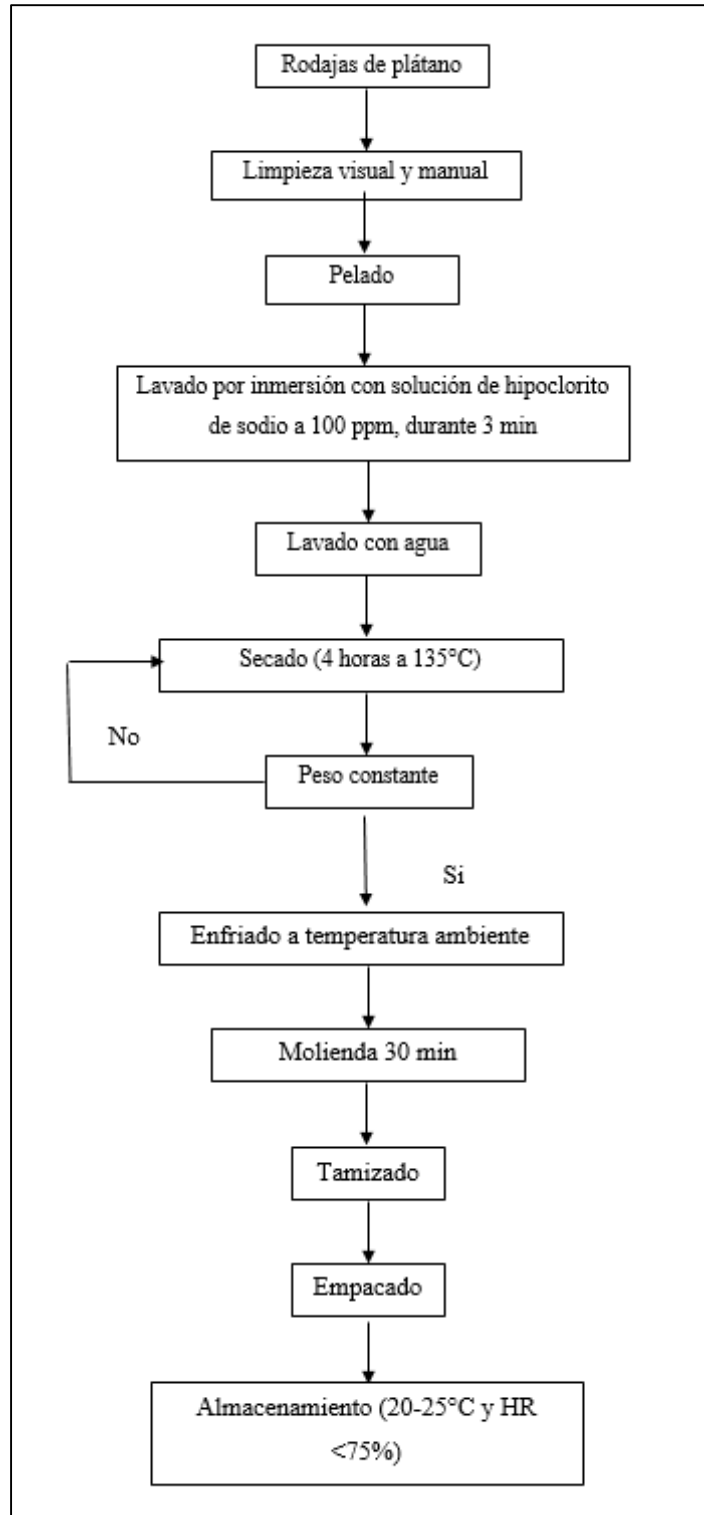


Figura 3.8. Proceso experimental para la obtención de harina de plátano

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Formulación de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

Para la formulación de la harina compuesta se encontró la composición más adecuada de las materias primas que integraron la mezcla a través del diseño experimental de mezclas de vértices extremos con tres componentes; el cual es el idóneo dadas las características de la harina compuesta a formular.

De acuerdo con investigaciones realizadas para la formulación de harinas compuestas, se recomienda tomar en cuenta ciertos límites para lograr que la mezcla tenga buenas características panificables. Para la harina de trigo, de investigaciones previas llevadas a cabo por el CENTA, se sugirió que para lograr harinas de buenas características panificables se debe mezclar 70% de harina de trigo con 30% de otras, por lo cual para la harina de trigo se estableció un límite mínimo del 70% cuando se da la sustitución parcial y un límite máximo del 100% (Calderón, L.A., 2015). Con respecto a la harina de ojushte se buscó desarrollar una formulación que permitiera la mayor sustitución posible para mejorar las características nutricionales de la harina compuesta y que a la vez fuera aceptada por los consumidores, los límites establecidos para la harina de ojushte, al no contar con estudios previos reportados, se fijaron basándose en bibliografía dirigida hacia proporciones de la harina de trigo y de plátano. De acuerdo con lo consultado, para el caso del plátano las mejores características se obtienen en una sustitución mínima del 4% y máxima de 7%; ya que presenta olor, sabor, color y textura similares al pan solo de trigo, al sobrepasar dicho límite se presentan problemas de poco volumen, color desagradable y sabor pronunciado a plátano (Pacheco-Delahaye & Testa, 2005); sin embargo, dichos resultados son para harinas compuestas de dos componentes, por lo cual en una harina compuesta de tres componentes la interacción podría ser distinta por lo que se incremento el límite máximo a 10%, manteniendo el límite mínimo de 4%, para comparar los resultados experimentales contra los parámetros establecidos en la teoría.

Para facilitar el proceso de obtención se usó un software estadístico, la simbología usada fue la siguiente:

X₁: harina de trigo

X₂: harina de ojushte

X₃: harina de plátano

Los límites introducidos en el software, fueron los siguientes:

Harina de trigo (x_1): $70\% \leq x_1 \leq 100\%$

Harina de ojushte (x_2): $15\% \leq x_2 \leq 30\%$

Harina de plátano (x_3): $4\% \leq x_3 \leq 10\%$

El diseño de vértices extremos se basa en la obtención de un triángulo equilátero a partir de los límites introducidos en el software, si dichos límites no cumplen con la condición del triángulo el modelo los corrige automáticamente. Así se obtuvieron los siguientes límites corregidos para la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano:

Harina de trigo (x_1): $70\% \leq x_1 \leq 81\%$

Harina de ojushte (x_2): $15\% \leq x_2 \leq 26\%$

Harina de plátano (x_3): $4\% \leq x_3 \leq 10\%$

A su vez en la Tabla 3.8 se muestran las formulaciones de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, obtenidas por el software de acuerdo a los límites anteriores.

Tabla 3.8. Formulaciones de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

Formulación	X ₁	X ₂	X ₃
F1	81.0	15.0	4.0
F2	70.0	26.0	4.0
F3	75.0	15.0	10.0
F4	70.0	20.0	10.0

Fuente: Elaboración propia

Tal como se estableció anteriormente, los productos de panificación con más de 7% de sustitución de harina de plátano presentan menor volumen y color menos agradable, debido a esto, se adicionó una formulación más a las cuatro ya proporcionadas por el software con el objetivo de hacer una comparación con lo expuesto en la teoría y confirmar si el plátano tendría el mismo comportamiento en harinas de tres componentes. Dicha formulación extra estaba conformada por 70% de harina de trigo, 23% de harina de ojushte y 7% de harina de plátano.

En la Tabla 3.9, se presentan las proporciones en la sustitución para cada formulación en porcentajes y gramos.

Tabla 3.9. Formulaciones de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, a partir de una base de 454 g

Formulación	Trigo		Ojushte		Plátano		Total de harina compuesta	
	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos
F1	81.0	367.74	15.0	68.1	4.0	18.16	100	454
F2	70.0	317.8	26.0	118.04	4.0	18.16	100	454
F3	75.0	340.5	15.0	68.1	10.0	45.4	100	454
F4	70.0	317.8	20.0	90.8	10.0	45.4	100	454
F5	70.0	317.8	23.0	104.42	7.0	31.78	100	454

Fuente: Elaboración propia

3.4. Elaboración de productos de panificación

Para la elaboración de los productos de panificación se emplearon cinco combinaciones distintas de harinas de trigo, ojushte y plátano las cuales fueron determinadas en la sección 3.3. La Tabla 3.10, muestra el listado de materia prima y aditivos que se utilizaron en la elaboración de pan tipo francés en todas las formulaciones, mientras que la Tabla 3.11 detalla la formulación para galletas tipo margarita, dichas formulaciones fueron elaboradas con base en 1 lb de harina compuesta. Cabe recalcar que la materia prima y los aditivos fueron constantes en las cinco formulaciones, las cantidades de las materias prima y los aditivos, fueron determinadas experimentalmente a través de pruebas preliminares de elaboración de productos de panificación.

Tabla 3.10 Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de pan tipo francés

Formulación para pan tipo francés	
Harina compuesta	454 g
Azúcar	9 g
Levadura	5.8 g
Margarina	13 g
Manteca	13 g
Sal	5 g
Huevo	45.2 g
Agua	120 mL

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11. Lista de materia prima y aditivos para las formulaciones de galletas tipo margarita

Formulación para galletas tipo margarita	
Harina compuesta	454 g
Azúcar	100 g
Margarina	113.6 g
Polvo de hornear	10 g
Sal	1.4 g
Huevo	101.2 g
Esencia de vainilla	20 mL
Mermelada	2 g

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Formulación de productos de panadería

Ya establecida la composición respectiva para cada una de las cinco formulaciones, se propuso el proceso para la elaboración de pan francés y galletas.

3.4.1.1. Proceso para la elaboración de pan francés de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

La Figura 3.9 muestra el procedimiento experimental para la elaboración de pan tipo francés el cual fue el mismo para cada una de las formulaciones establecidas.

a) Pesado de ingredientes

Se pesaron todos los ingredientes sólidos en una balanza semi-analítica y los líquidos se midieron en equipo graduado (probetas).

b) Formación de masa

La formación de masa se dividió en dos etapas, mezclado y amasado: los ingredientes fueron mezclados de una forma homogénea para evitar la aparición de grumo. El amasado se efectuó en una amasadora semi-industrial durante 7 minutos, tiempo en el cual se observó que el desarrollo del gluten era el óptimo y se obtenía una masa de buenas características panificables que resultaba en un producto de calidad aceptable.

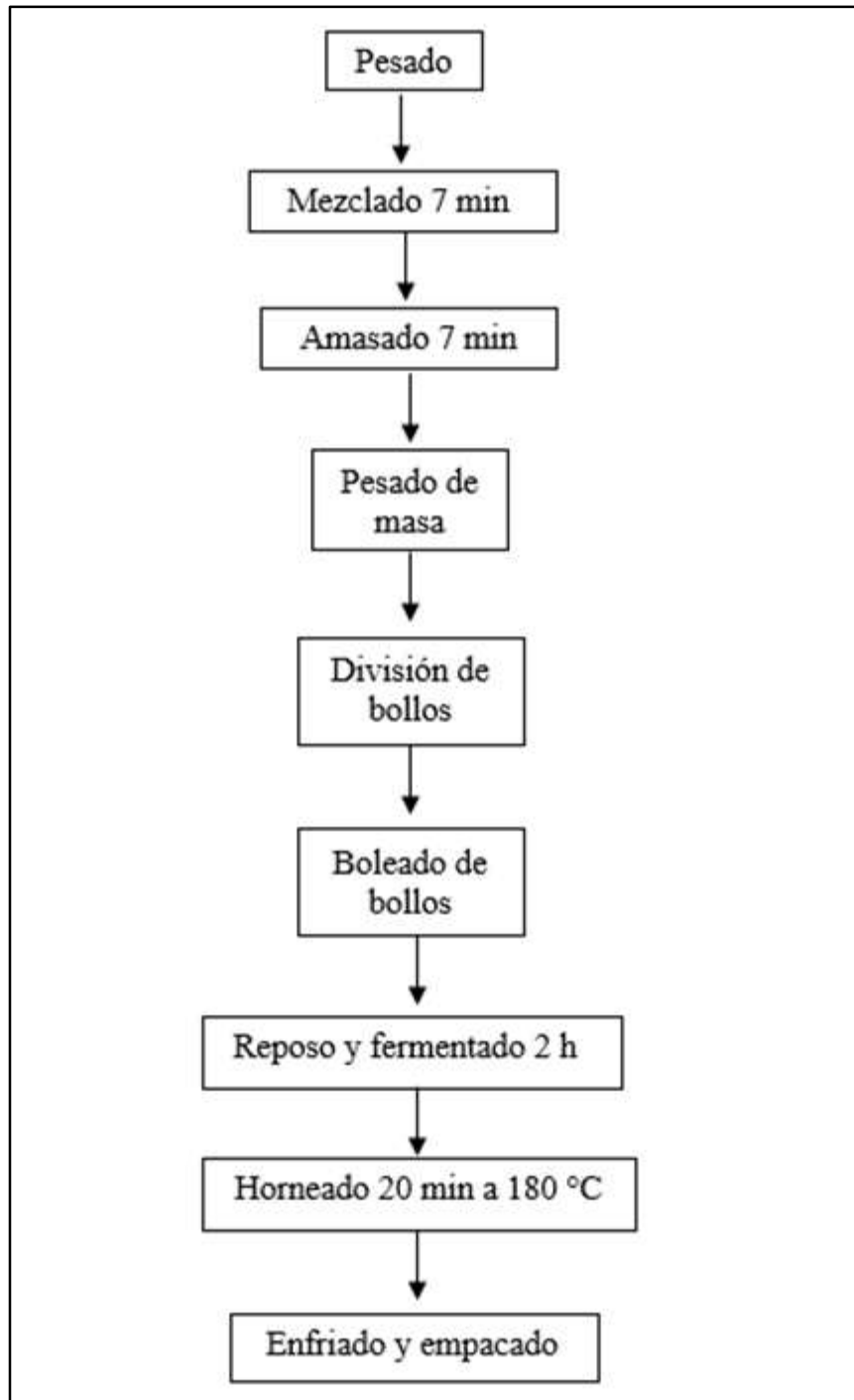


Figura 3.9. Procedimiento experimental para elaboración de pan francés

Fuente: Elaboración propia.

c) Pesado de la masa

Se tomó el peso final de la masa formada, la cual varió dependiendo de la composición de la formulación de harina compuesta debido a hidratación y fermentación de la masa.

d) Boleado de bollos/ División de bollos/ Cortado de masa

Se separaron los trozos de la masa en bollos de 32 g a los que se les dio forma y tamaño característicos del pan francés. Se controló el peso de los bollos para estandarizar el tamaño del producto obtenido para una propuesta de empaque.

e) Fermentación

El tiempo de fermentación fue de dos horas, en esta etapa en la masa se dan reacciones bioquímicas relacionadas con la fermentación por medio de la levadura a los azúcares, la masa aumenta de volumen debido a la liberación de CO₂ por la fermentación de azúcares.

f) Horneado

En este proceso el pan obtuvo la cocción, sabor y coloración adecuada, eliminando también el alcohol etílico producido durante la fermentación y llevando acabo reacciones de pardeamiento que le proveen el color característico del pan. El tiempo de horneado fue de 20 minutos a 180°C, determinado mediante pruebas preliminares a diferentes temperaturas y tiempos.

g) Enfriado y empackado

Como etapa final el pan se dejó enfriar para evitar la transpiración (formación de vapor de agua) en el empaque y evitar así efectos secundarios sobre la inocuidad del producto. Se propone empackar el producto en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) de 1 libra a temperatura ambiente.

h) Rendimiento

En la formulación 1 se obtuvo una unidad más que en las formulaciones 2, 3, 4 y 5, esto se le atribuye a que la formulación 1 posee un mayor porcentaje de harina de trigo y por lo tanto la masa obtenida pudo haber presentado un mayor desarrollo de gluten en comparación con las

que poseen mayor sustitución de ojushte y plátano. A continuación se detallan las unidades obtenidas por cada formulación:

- i. Formulación 1: 24 unidades de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano
- ii. Formulación 2: 23 unidades de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano
- iii. Formulación 3: 23 unidades de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano
- iv. Formulación 4: 23 unidades de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano
- v. Formulación 5: 23 unidades de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

3.4.1.2. Proceso para la elaboración de galletas de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano

El procedimiento experimental para la elaboración de galletas fue el mismo para cada una de las formulaciones establecidas, y se muestra en la Figura 3.10.

a) Mezclado y dispersión

Se procedió a mezclar los emulsificantes homogéneamente evitando la formación de grumos que pudieran afectar la calidad del producto final obtenido. La presencia de ingredientes sin disolver afecta la homogeneidad de la masa y pueden llegar al mismo tiempo a afectar la apariencia y el sabor del producto.

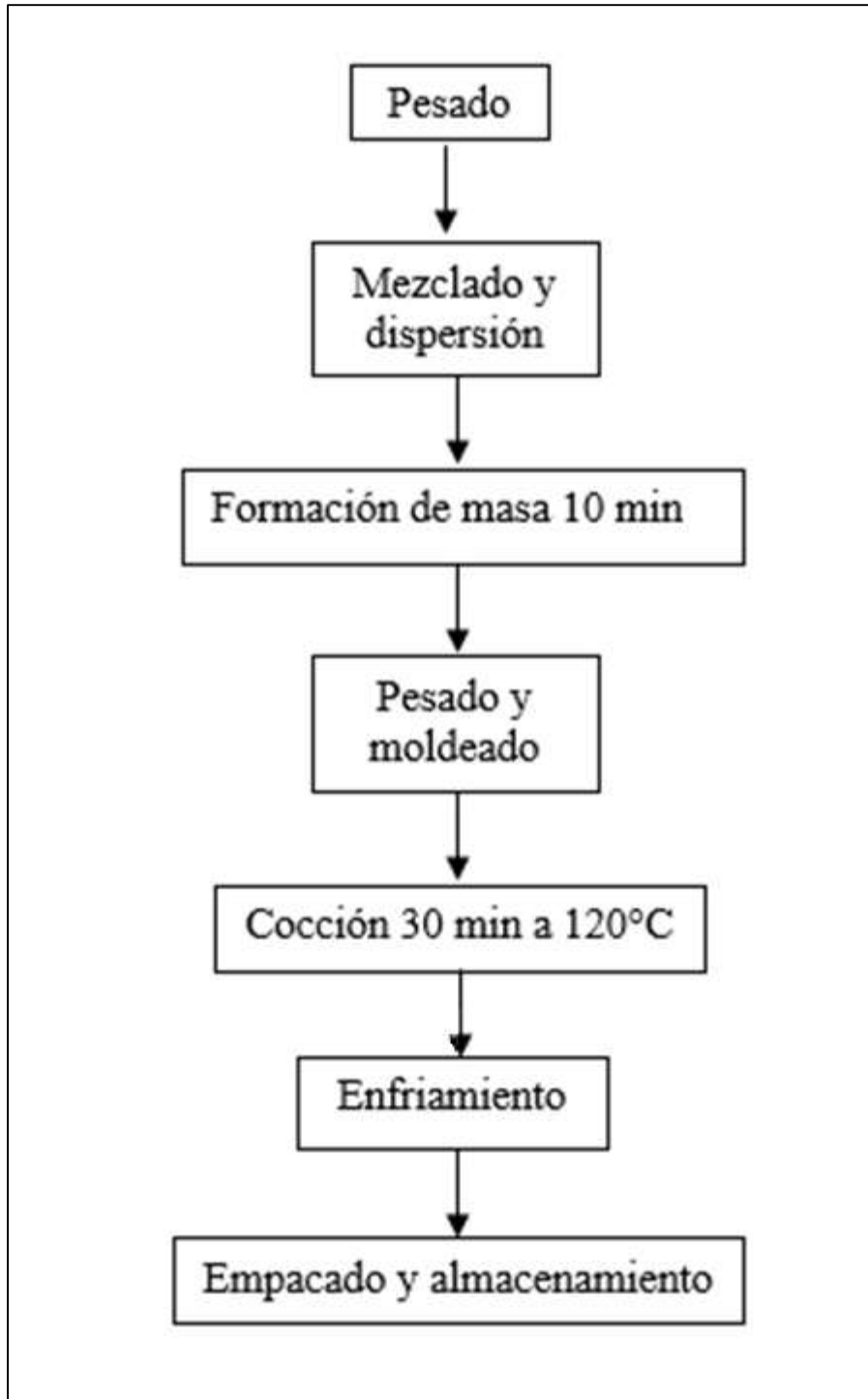


Figura 3.10. Procedimiento experimental para la elaboración de galletas

Fuente: Elaboración propia.

b) Formación de masa

Se procedió a amasar de forma constante y pausada hasta obtener una masa no muy viscosa y homogénea. El tiempo de formación de masa y homogenizado fue de 10 minutos.

c) Pesado y moldeado

Dado que no se contó con una máquina para el laminado se optó por pesar individualmente 20 g de masa por cada galleta para estandarizar el producto y poder presentar una propuesta de empaque, posteriormente se les dio forma circular con centro de mermelada.

d) Cocción

El proceso consistió en eliminar humedad por la acción de altas temperaturas. El producto esponjó hasta que todo el almidón fue gelatinizado. El tiempo de cocción fue de 30 minutos a 120 °C. Durante la cocción se presentan algunas modificaciones como:

- a) Disminución de la densidad del producto desarrollando una textura abierta y porosa.
- b) Reducción del nivel de humedad.
- c) Cambio en la coloración de la superficie.

e) Enfriamiento

El enfriamiento fue paulatino para que la galleta no sufriera ruptura.

f) Empacado y almacenamiento

El empaque fue un material resistente a la humedad (LDPE) y almacenado a condiciones estándar.

g) Rendimiento

En la formulación 1, al igual que en pan francés se obtuvo una unidad extra, por lo que se plantea que la cantidad de trigo puede ser un factor determinante para el aumento de peso de la masa, debido al desarrollo del gluten.

- i. Formulación 1: 40 unidades de galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano
- ii. Formulación 2: 39 unidades de galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

- iii. Formulación 3: 39 unidades de galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano
- iv. Formulación 4: 39 unidades de galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano
- v. Formulación 5: 39 unidades de galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

Habiendo establecido las formulaciones y el procedimiento para la elaboración de pan tipo francés y galleta tipo margarita de harina compuesta de trigo ojushte y plátano, se realizaran las evaluaciones de aceptabilidad, fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales de la harina compuesta y los productos de panificación., mostradas en el capítulo 4.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS

4. EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas preliminares de los productos de panificación y el análisis estadístico de la evaluación de aceptabilidad de los diferentes productos elaborados a partir de las formulaciones establecidas.

4.1. Observaciones de pruebas preliminares de los productos de panificación

En la Tabla 4.1 y 4.2 se muestran las observaciones de las pruebas preliminares que se llevaron a cabo con ayuda de panelistas no entrenados de la Universidad de El Salvador y que se usaron de base para la selección de las formulaciones que se presentaron en la evaluación de la aceptabilidad.

Tomando en cuenta las observaciones obtenidas en las pruebas preliminares, así como el resultado físico-visual obtenido en el producto, se deduce que las mejores formulaciones son la formulación 1, 3 y 5, por lo que fueron las tres formulaciones seleccionadas para las pruebas de aceptabilidad final.

Tabla 4.1. Observaciones de pruebas preliminares para pan tipo francés

Formulaciones	Observaciones
F1	Los productos obtenidos fueron pequeños comparados con los panes de algunas formulaciones, además de presentar un color más oscuro que el resto. El sabor característico ojushte era pronunciado y la miga suelta.
F2	Los panes obtenidos fueron incluso más pequeños que en la formulación 1. El sabor de ojushte era menos predominante comparando con la F1, pero la miga era más compacta y no obtuvieron la forma redonda características del pan francés.
F3	Los panes de esta formulación presentaron mejor apariencia, textura, sabor y olor; en comparación con demás formulaciones dado que el sabor característico a ojushte fue menos pronunciado, además al degustarlo no se percibió resequeidad la cual sí estuvo presente en otras formulaciones.
F4	Presentó un aspecto bastante parecido a pan francés, sin embargo poseía superficie quebradiza, no lisa y el sabor predominante era el característico del ojushte.
F5	Poseía una consistencia más compacta, sin embargo su aspecto era característico de pan integral, el cual fue bien evaluado por los panelistas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2. Observaciones de pruebas preliminares para galletas

Formulaciones	Observaciones
F1	La miga fue suelta, poseía color café oscuro, presentaba textura quebradiza y reseca, reportó un ligero sabor a huevo y polvo de hornear, sin embargo esta formulación fue aceptada por el panel con respecto a su sabor.
F2	La textura era suave, se reportaba poco crujiente y quebradizo, al igual que la formulación 1, además poseía fuerte sabor a huevo y polvo de hornear.
F3	Poseía una textura crujiente, se observó un color más oscuro que la formulación 2 y fueron menos reseca. Presentó sabor dulce pronunciado y menor sabor a huevo en comparación con las formulaciones 1 y 2.
F4	El color de las galletas fue blanco, demasiado crujiente y con miga dura. Se percibían insípidas.
F5	Poseía un agradable olor a vainilla y color café oscuro, se percibían con más facilidad las partículas de ojushte, las cuales, le daban un aspecto a galletas integrales, el sabor fue agradable y sin rastros de huevo.

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Análisis de resultados obtenidos en pruebas de aceptabilidad

Para la realización de las pruebas sensoriales se seleccionó un panel conformado por 19 panelistas, los cuales realizaron el análisis cualitativo y cuantitativo a cada una de las 3 muestras de pan tipo francés y de galleta tipo margarita. La metodología a seguir para ambos análisis fue retomada del libro “Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos” (Watts, 1992). De los 19 panelistas el 52.63% eran del sexo femenino y el 47.37% del sexo masculino, con edades comprendidas entre los 19-28 años. El instrumento de evaluación usado en ambos análisis se muestra en el Anexo 2.

Como ya se mencionó anteriormente las formulaciones que se eligieron por sus características sensoriales fueron la 1, 3 y 5, estas mismas fueron usadas en el análisis sensorial, siendo codificadas de la siguiente manera:

- a) Pan tipo francés: F1=M36, F3 =M27 y F5= M64
- b) Para galletas tipo margarita: F1= M27, F3=M36 y F5=M64

4.2.1. Análisis cualitativo de los productos de panificación

El análisis cualitativo fue realizado con base en la metodología establecida para la prueba de ordenamiento, se utilizó este análisis con el fin de determinar el grado de diferencia que los panelistas podrían percibir entre cada una de las muestras, en los atributos de color, olor, sabor, textura y aroma, así como establecer cuál era de su agrado. Para hacer dicho análisis fue

necesaria la utilización de un valor crítico, que se obtuvo de la Tabla 7.3 del libro “Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos” (Watts, 1992), mostrada en el Anexo 3, dicho dato fue leído con los valores 19 y 3, donde 19 corresponde al número de panelistas y se ubica en la parte horizontal de la Tabla 7.3, mientras que 3 corresponde al número de muestras y se ubica en la parte vertical de la Tabla 7.3, de la lectura se obtuvo un valor crítico tabulado para $p=0.05$ de 15, donde p es el nivel de significancia.

La Tabla 4.3 se muestra un extracto del formulario utilizado para la prueba sensorial cualitativa, se escogió esta prueba debido a que las tres formulaciones presentadas a los panelistas poseían características físicas y organolépticas parecidas, y se buscaba determinar si había alguna diferencia apreciable para cada muestra.

A los panelistas se les instruyó dar un puntaje del 1 al 3 donde 1 debía ser el puntaje para la muestra más agradable, 2 el valor para la muestra que no gustaba ni disgustaba y 3 el puntaje para la muestra menos agradable. La asignación dada por los 19 panelistas se sumó como se muestra en la Tabla 4.4 y con los valores obtenidos se procedió a calcular los pares ordenados que se compararon entre sí y proporcionaron una medida de las diferencias detectables entre los pares de muestras comparadas.

Tabla 4.3. Tabla muestra la ficha de análisis sensorial para color

Atributo	Orden de las muestras	Puntaje asignado	Comentarios.
Color	Más agradable	1. _____	_____
	Menos agradable	2. _____ 3. _____	_____ _____

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1. Pan francés de harina de trigo, ojushte y plátano

Los valores de ordenamiento dados a cada una de las 3 muestras de pan tipo francés, por los 19 panelistas fueron tabulados como se muestra en la Tabla 4.4. Las diferencias entre el total de pares para cada uno de los atributos se presentan continuación.

Tabla 4.4. Datos obtenidos para pan francés en la prueba de ordenamiento

N° de panelistas	Color			Olor			Textura			Sabor			Aroma		
	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64
1	3	2	1	2	3	1	3	1	2	2	1	3	2	1	3
2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	3	2	1	3	2	1
3	2	3	1	3	1	2	2	1	3	3	1	2	3	1	2
4	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
5	2	1	3	3	1	2	2	1	3	3	1	2	3	1	2
6	2	1	3	3	1	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2
7	3	1	2	1	2	3	2	3	1	2	1	3	2	1	3
8	3	2	1	2	3	1	3	1	2	2	1	3	3	1	2
9	2	1	3	3	1	2	2	1	3	1	3	2	1	3	2
10	3	2	1	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	3
11	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
12	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3
13	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	1	3	2	1	3
14	3	2	1	3	2	1	2	1	3	2	1	3	1	2	3
15	1	2	3	1	3	2	3	1	2	2	1	3	3	1	2
16	1	2	3	3	1	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
17	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1
18	3	2	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	2	1	3
19	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3
TOTAL	45	32	37	44	33	37	38	32	44	42	26	46	42	27	45

Fuente: Elaboración propia

a) Color

En la Tabla 4.5 se muestran los resultados de las muestras para el atributo color, a partir de las diferencias y su comparación con el valor crítico tabulado de 15 (Ver Anexo 3), se puede observar que el par de muestras M36-M27, presenta una mayor diferencia percibida por los panelistas, ya que se obtuvo un valor 13 y es el dato que más se acerca al nivel de significancia de 15, en cuanto que los pares M36-M64 y M64-M27, la diferencia en el color no es muy perceptible, con respecto a la aceptabilidad la muestra M27 (formulación 3) fue la más agradable y la muestra M36 (formulación 1) la menos aceptada para el atributo color.

Tabla 4.5. Diferencias entre el total de pares del atributo color para pan tipo francés

Color	
M36-M27	45-32=13
M36-M64	45-37=8
M64-M27	37-32=5
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

b) Olor

Con respecto al atributo olor, se presentan los resultados de la diferencia entre pares en la Tabla 4.6, se puede observar que el par M36-M27, es el que presenta mayores diferencias en su olor, sin embargo en los pares M36-M64 y M64-M27, no se encontró mayor diferencia, ya que se encuentran más alejados del valor crítico tabulado de 15, resultando la muestra más aceptada la M27 (formulación 3) y la menos aceptada la M36 (formulación 1).

Tabla 4.6. Diferencias entre el total de pares del atributo olor para pan tipo francés

Olor	
M36-M27	44-33=11
M36-M64	44-37=7
M64-M27	37-33=4
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

c) Textura

Para el atributo de textura, se puede observar la diferencia entre los pares en la Tabla 4.7. Para este atributo el par en el que se encontró mayor diferencia fue el M64-M27, siendo aun así no muy significativa, ya que no supera el valor crítico de 15, por otra parte entre los pares M36-M27 y M64-M36, no se encontró diferencia alguna, la muestra que presentó mayor aceptación fue la M27 (formulación 3) y la de menor aceptación la M64 (formulación 5).

Tabla 4.7. Diferencias entre el total de pares del atributo textura para pan tipo francés

Textura	
M36-M27	38-32=6
M64-M36	44-38=6
M64-M27	44-32=12
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

d) Sabor

En la Tabla 4.8, se pueden apreciar las diferencias de pares para el atributo sabor. Se puede observar que para el par M64-M36, no se encontró una diferencia significativa en el sabor, en cuanto al par M36-M27, la diferencia en el sabor fue un poco más percibida y con respecto al par M64-M27, la diferencia en el sabor fue más notoria, ya que el valor de la diferencia se encuentra por encima del valor crítico de 15, sin embargo la muestra con mayor aceptación fue la M27 (formulación 3) y la de menor aceptación M64 (formulación 5).

Tabla 4.8. Diferencias entre el total de pares del atributo sabor para pan tipo francés

Sabor	
M36-M27	42-26=16
M64-M27	46-26=20
M64-M36	46-42=4
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

e) Aroma

Para el atributo aroma, se pueden observar las diferencias de pares en la Tabla 4.9, para el par M64-M36, la diferencia en el aroma no fue muy perceptible, en cuanto al par M36-M27

la diferencia es un poco más notoria y con respecto al par M64-M27, los panelistas percibieron una diferencia de aroma más fuerte, ya que la diferencia está por encima del valor crítico tabulado de 15, sin embargo la muestra que fue mayormente aceptada fue la M27 (formulación 3) y la de menor aceptación fue la M64 (formulación 5).

Tabla 4.9. Diferencias entre el total de pares del atributo aroma para pan tipo francés

Aroma	
M36-M27	42-27=15
M64-M27	45-27=18
M64-M36	45-42=3
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

La muestra 27 que corresponde a la formulación 3 de pan francés, fue la que presento una mayor aceptación en los 5 atributos que se evaluaron, sin embargo la muestra 36 es la que presenta menor aceptación en los atributos color y olor, pero es indiferente en los atributos de textura, sabor y aroma. Respecto a la muestra 64, presenta indiferencia en los atributos color y olor, pero es la de menor aceptación en cuanto a su textura, sabor y aroma. La Tabla 4.10, muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 4.10. Resumen de resultados obtenidos en análisis cualitativo para pan tipo francés

Atributos	M36	M27	M64
Color	45	32	37
Olor	44	33	37
Textura	38	32	44
Sabor	42	26	46
Aroma	42	27	45

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Galletas de harina de trigo, ojushte y plátano

Los valores de ordenamiento dados a cada una de las 3 muestras de galletas, por los 19 panelistas fueron tabulados como se muestra en la Tabla 4.12. Las diferencias entre el total de pares para cada uno de los atributos se presentan continuación.

a) Color

En la Tabla 4.11 se muestran los resultados de las muestras de galletas para el atributo color, se observó que a partir de los datos que en cuanto al color de las muestras de galletas, para el par de muestras M64-M36 y M36-M27 los panelistas indicaron que fueron muy parecidas entre sí, siendo el par M64-M27 el menos parecido, pero aun así no es significativamente diferente para un valor de 15, en cuanto a aceptabilidad la muestra M27(formulación 1) fue la más agradable y la muestra M64 (formulación 5) la menos aceptada.

Tabla 4.11. Diferencia entre el total de pares del atributo color para galletas tipo margarita

Color	
M64-M36	44-39=5
M36-M27	39-31=8
M64-M27	44-31=13
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

b) Olor

En la Tabla 4.13 se muestra que los panelistas indicaron que el atributo olor no es significativamente variable para ninguna de las tres muestras. Al comparar las muestras M36-M64 y M64-M27 su olor es parecido entre sí y el de las muestras M36-M27 presentan un olor ligeramente diferente, pero al igual que con el color no se presenta una diferencia significativa ya que no está por encima del valor crítico de 15 y si muy cercana a cero. La muestra más agradable para el panel fue la muestra M27 (formulación 1) y las más desagradable fue la M36 (formulación 3).

Tabla 4.12. Datos obtenidos para galleta tipo margarita en la prueba de ordenamiento

N° de panelistas	Color			Olor			Textura			Sabor			Aroma		
	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64	M36	M27	M64
1	1	2	3	2	3	1	1	2	3	1	2	3	2	1	3
2	1	2	3	2	1	3	1	2	3	3	1	2	3	1	2
3	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	1	2	3	2	1	3	2	1	3	1	2	3	1	2	3
5	3	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2
6	3	1	2	3	2	1	2	1	3	3	2	1	3	2	1
7	3	2	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	3	2	1
8	2	3	1	3	2	1	3	1	2	2	3	1	1	3	2
9	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2	1	3	2
10	3	2	1	1	3	2	2	1	3	1	3	2	2	3	1
11	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3
12	3	1	2	2	3	1	2	3	1	3	2	1	2	1	3
13	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
14	2	1	3	3	1	2	1	3	2	2	1	3	2	1	3
15	2	1	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3
16	2	3	1	3	2	1	2	1	3	1	2	3	3	1	2
17	2	1	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	3	2
18	2	3	1	2	3	1	1	3	2	1	2	3	1	2	3
19	2	1	3	3	1	2	1	2	3	2	1	3	1	2	3
TOTAL	39	31	44	39	37	38	29	35	50	29	39	46	33	36	45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13. Diferencia entre el total de pares del atributo olor para galletas tipo margarita

Olor	
M36-M64	39-38=1
M36-M27	39-37=2
M64-M27	38-37=1
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

c) Textura

Los panelistas indicaron que entre las muestras M64-M36 hay una diferencia significativa en la textura. Con respecto al par de muestras M64- M36 hay una mayor diferencia en la textura percibida por los panelistas mientras que entre el par de muestras M27-M36 no hay diferencia significativa, ya que la diferencia es inferior al valor crítico tabulado de 15. La muestra más aceptada fue la M36 (formulación 3) y la menos aceptada y en la que se notó la textura más desagradable fue en la M64 (formulación 5). Los totales se presentan en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Diferencia entre el total de pares del atributo textura para galletas

Textura	
M64-M36	50-29=21
M27-M36	35-29=6
M64-M27	50-35=15
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

d) Sabor

Los pares M27-M36 y M64-M27 presentan valores totales por debajo de 15 por lo cual no son significativamente diferentes entre sí, mientras que el par de muestras M64-M36 tienen un total por encima de 15, esto refleja que sí se presenta diferencia en el atributo sabor que fue percibida por los panelistas, la muestra M64 (formulación 5) fue la menos apetecible para los panelistas y la M36 (formulación 3) la más apetecible. Los datos se muestran en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Diferencia entre el total de pares del atributo sabor para galletas

Sabor	
M64-M36	46-29=17
M27-M36	39-29=10
M64-M27	46-39=7
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

e) Aroma

En cuanto al aroma ninguna de las tres muestras es significativamente diferente de las otras, sin embargo el par M64-M36 muestra más diferencias debido a que presentan el valor más cercano a 15, el par M27-M36 presenta una menor diferencia de 3 puntos. Los totales de las diferencias se muestran en la Tabla 4.16. La muestra más aceptada fue la M36 (formulación 3) y la menos aceptada fue la muestra M64 (formulación 5).

Tabla 4.16. Diferencia entre el total de pares del atributo aroma para galletas

Aroma	
M64-M36	45-33=12
M27-M36	36-33=3
M64-M27	45-36=9
Nivel de significancia	15

Fuente: Elaboración propia

De los cinco atributos evaluados se determinó que la muestra más agradable es la M27 que corresponde a la formulación 3, en los atributos de color y olor. Para el atributo textura, sabor y aroma, la muestra 36 (formulación 1) fue la más aceptada. La Tabla 4.17 muestra un resumen de los resultados.

Tabla 4.17. Resumen de resultados obtenidos en análisis cualitativo para galletas

Atributos	M36	M27	M64
Color	39	31	44
Olor	39	37	38
Textura	29	35	50
Sabor	29	39	46
Aroma	33	36	45

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis cuantitativo de los productos de panificación

Para la realización del análisis cuantitativo, se empleó la metodología de las pruebas hedónicas, las cuales están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto, a partir de la evaluación de los atributos de color, olor, sabor, textura y aroma.

En estas pruebas se utilizan escalas categorizadas las cuales se muestran en la Tabla 4.18, la escala fue de 9 puntos y se les instruyó a los panelistas que debían puntuar cada muestra dependiendo del agrado o desagrado que percibieran. Los cálculos para esta prueba se muestran en el Anexo 4.

Tabla 4.18. Escala hedónica utilizada para la prueba de aceptabilidad

Me gusta muchísimo	Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1. Pan francés de harina de trigo, ojushte y plátano

En la Tabla 4.19 se muestran los valores obtenidos en la prueba hedónica, dichos valores fueron los que se usaron para realizar el análisis respectivo usando el Factor F, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.20, y el valor F tabulado de la Tabla 7.5 del libro “Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos” (B.M. Watts), que se muestra en el Anexo 5.

Tabla 4.19. Puntajes obtenidos en las pruebas hedónicas para pan tipo francés

N° de panelistas	Color			Olor			Textura			Sabor			Aroma		
	36	27	64	36	27	64	36	27	64	36	27	64	36	27	64
1	6	7	2	5	7	2	4	6	2	3	4	3	2	3	2
2	4	5	2	8	4	8	3	2	4	7	3	7	8	4	8
3	5	2	6	4	3	4	8	7	7	7	3	5	5	3	4
4	3	6	8	5	5	6	2	8	7	5	7	6	5	6	4
5	3	2	4	2	4	5	3	5	2	5	3	4	4	3	5
6	5	3	2	4	2	5	5	3	6	3	2	6	3	3	6
7	6	5	1	2	3	4	2	4	4	2	2	3	2	3	3
8	3	1	4	5	5	6	4	5	4	2	1	7	4	2	7
9	5	3	6	5	3	5	4	4	6	6	4	8	6	5	8
10	4	4	4	5	5	5	2	2	2	4	4	7	3	3	3
11	2	5	5	1	7	5	8	2	3	4	2	9	7	2	5
12	4	2	4	2	2	5	5	2	9	4	2	8	3	3	7
13	3	4	2	7	1	8	3	1	2	5	2	7	6	2	8
14	5	4	5	5	3	5	4	4	4	7	2	5	8	2	5
15	5	2	6	4	4	5	6	3	7	5	2	7	5	2	7
16	5	3	6	3	3	4	4	3	6	4	6	6	5	4	4
17	8	6	1	8	9	3	9	2	4	7	8	1	9	9	2
18	5	1	3	3	5	5	1	4	3	2	3	3	3	5	5
19	5	5	5	5	5	8	6	4	6	4	5	8	6	5	7
TOTAL	86	70	76	83	80	98	83	71	88	86	65	110	94	69	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para pan tipo francés

COLOR					
Fuente de variación	GI	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p≤0.05)
Total (T)	56	167.7193	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	6.8771	3.4385	1.0164	3.1666
Panelistas (P)	18	39.0526	2.1695	0.6413	1.7837
Error (E)	36	121.7894	3.3830	-	-
OLOR					
Fuente de variación	GI	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p≤0.05)
Total (T)	56	191.8947	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	9.7894	4.8947	1.5163	3.1666
Panelistas (P)	18	65.8947	3.6608	1.1340	1.7837
Error (E)	36	116.2105	3.2280	-	-
TEXTURA					
Fuente de variación	GI	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p≤0.05)
Total (T)	56	236.5614	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	8.0350	4.0175	1.0904	3.1666
Panelistas (P)	18	95.8947	5.3274	1.3360	1.7837
Error (E)	36	132.6316	3.6842	-	-
SABOR					
Fuente de variación	GI	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p≤0.05)
Total (T)	56	253.8947	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	853.3684	26.6842	6.9966	3.1666
Panelistas (P)	18	63.2280	53.5126	0.9210	1.7837
Error (E)	36	137.2982	3.8138	-	-

Fuente: Elaboración propia

Continúa en la siguiente página

Tabla 4.20. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para pan tipo francés

AROMA					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada
					($p \leq 0.05$)
Total (T)	56	233.51	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	28.45	14.225	4.1449	3.1666
Panelistas (P)	18	81.51	4.5283	1.3195	1.7837
Error (E)	36	123.55	3.4319	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.20, se puede observar que para algunos atributos, como el sabor y el aroma, el valor F calculado es mayor que el valor F tabulado en los tratamientos, por lo que se observa que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los puntajes hedónicos para las tres muestras y por lo tanto existe un efecto significativo de los tratamientos. Para determinar qué muestras de pan francés diferían significativamente la una de la otra, se utilizó la nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan. Para los panelistas el valor F calculado es menor que el tabulado en todos los atributos, por lo tanto no hay efecto significativo de los panelistas.

En la Tabla 4.21, se presentan los valores de la Prueba de Duncan, por lo que se puede apreciar que para el atributo sabor y aroma, la muestra de pan 27 (formulación 3) fue significativamente más aceptada con respecto a las otras, la muestra 36 fue más aceptada que la 64.

De manera general, se observa que la muestra 27 correspondiente a la formulación 3, es la que presentó mayor aceptación en todos los atributos: color, olor, textura, sabor y aroma. La Tabla 4.22, muestra un resumen de los resultados.

Tabla 4.21. Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan para pan tipo francés

SABOR						
	36	64	27	Amplitud		Diferencia de las medias
Medias de los tratamientos	4.5263	5.7864	3.4210	Para 2 medidas	1.2699	5.7894-3.4210=2.3684
						5.7894-4.5263= 1.2631
				Para 3 medidas	1.3359	4.5263-3.4210=1.1053
AROMA						
	36	64	27	Amplitud		Diferencia de las medias
Medias de los tratamientos	4.9473	5.2632	3.6316	Para 2 medidas	1.2047	5.2632-3.6316=1.6316
						5.2632-4.9473=0.3159
				Para 3 medidas	1.2674	4.9473-3.6316=1.3157

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22. Resumen de resultados obtenidos en análisis cuantitativo para pan tipo francés

Atributos	M36	M27	M64
Color	86	70	76
Olor	83	80	98
Textura	83	71	88
Sabor	86	65	110
Aroma	94	69	100

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Galleta de harina compuesta de trigo ojushte y plátano

El análisis de resultado para la galleta tipo margarita, sigue la misma metodología que la del pan tipo francés, en la Tabla 4.23, se presenta el resumen de los datos obtenidos.

En la Tabla 4.24, se puede observar que para algunos atributos, como el color, olor y sabor, el valor F calculado es mayor que el valor F tabulado, para los panelistas, por lo que se puede apreciar que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los puntajes hedónicos para las tres muestras. Para determinar qué muestras de galletas difieren significativamente la una de la otra, se utilizó una prueba de comparación múltiple, la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan. Para los tratamientos el valor F calculado es menor que el tabulado en todos los atributos, por lo tanto no hay efecto significativo de estos.

Tabla 4.23. Datos de las prueba hedónicas para galletas tipo margarita

N° de panelistas	Color			Olor			Textura			Sabor			Aroma		
	36	27	64	36	27	64	36	27	64	36	27	64	36	27	64
1	6	5	5	6	3	4	7	5	2	3	2	4	4	2	2
2	5	5	5	1	5	5	1	4	6	1	5	4	1	5	6
3	1	3	4	2	2	3	1	4	5	2	6	6	3	2	6
4	4	2	4	2	3	5	3	3	4	2	3	4	3	3	4
5	3	2	5	1	2	2	4	2	3	1	6	4	1	6	6
6	2	2	3	3	3	4	3	3	4	2	3	4	2	3	4
7	2	2	2	2	2	1	3	4	2	2	3	2	2	2	1
8	5	4	2	1	5	2	2	3	3	1	5	2	1	6	4
9	3	2	4	8	2	1	9	1	2	8	2	1	6	1	1
10	5	2	3	6	2	3	2	6	2	3	3	2	3	3	3
11	4	3	5	6	2	5	2	3	6	6	2	3	5	2	3
12	3	2	5	3	2	5	2	3	5	2	2	3	3	3	3
13	6	8	5	6	8	7	8	8	6	8	8	7	7	7	6
14	2	1	4	4	2	3	4	2	6	3	1	4	3	1	4
15	3	2	4	2	3	4	1	2	3	1	2	3	2	3	4
16	3	4	2	5	3	2	3	2	5	1	2	5	2	5	4
17	2	1	3	3	2	1	1	3	6	1	2	4	1	2	4
18	2	2	1	2	2	1	2	3	2	2	2	1	2	3	1
19	2	1	2	2	1	3	1	1	3	1	2	3	2	1	2
TOTAL	63	53	68	65	54	61	59	62	75	50	61	66	53	60	68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para galletas tipo margarita

COLOR					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada
					(p≤0.05)
Total (T)	56	132.035	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	6.1403	3.0702	2.6404	3.1666
Panelistas (P)	18	84.035	4.6686	4.0149	1.7837
Error (E)	36	41.8597	1.1628	-	-
OLOR					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada
					(p≤0.05)
Total (T)	56	183.579	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	3.2632	1.6316	0.6244	3.1666
Panelistas (P)	18	86.2457	4.7914	1.8336	1.7837
Error (E)	36	94.0701	2.6131	-	-
TEXTURA					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada
					(p≤0.05)
Total (T)	56	210.03	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	7.614	3.807	1.073	3.1666
Panelistas (P)	18	74.701	4.150	1.169	1.7837
Error (E)	36	127.719	3.548	-	-
SABOR					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada
					(p≤0.05)
Total (T)	56	203.368	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	7.052	3.526	1.241	3.166
Panelistas (P)	18	94.035	5.224	1.839	1.784
Error (E)	36	102.280	2.841	-	-

Fuente: Elaboración propia

Continúa en la siguiente página

Tabla 4.24. Datos obtenidos para cada atributo en la prueba hedónica para galletas tipo margarita

AROMA					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p≤0.05)
Total (T)	56	166.246		-	-
Tratamiento (Tr)	2	5.930	2.965	1.151	3.166
Panelistas (P)	18	67.579	3.754	1.457	1.784
Error (E)	36	92.737	2.576	-	-

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos en la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan, se muestran en la Tabla 4.25, por lo que para el atributo color y olor la muestra 27 fue la mayormente aceptada por los panelistas, con respecto al atributo sabor, la muestra 36 presento mayor aceptación.

Tabla 4.25. Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan para galletas tipo margarita

COLOR						
	36	64	27	Amplitud		Diferencia de las medias
Medias de los tratamientos	3.3157	3.5789	2.7895	Para 2 medidas	0.7013	3.5789-2.7895=0.7894
						3.3157-2.7895=0.5262
				Para 3 medidas	0.7377	3.5789-3.3157=0.2632
OLOR						
	36	64	27	Amplitud		Diferencia de las medias
Medias de los tratamientos	3.4211	3.2105	2.8421	Para 2 medidas	1.0513	3.4211-2.8421=0.579
						3.2105-2.8421=0.3684
				Para 3 medidas	1.1060	3.4211-3.2105=0.2106
SABOR						
	36	64	27	Amplitud		Diferencia de las medias
Medias de los tratamientos	2.632	3.211	4.74	Para 2 medidas	1.0959	3.474-2.632=0.8842
						3.211-2.632=0.579
				Para 3 medidas	1.1528	3.474-3.211=0.263

Fuente: Elaboración propia

De manera general, se puede notar que la muestra 36 correspondiente a la formulación 3, es la que presentó mayor aceptación en su textura, sabor y aroma, sin embargo, la muestra 27 correspondiente a la formulación 1, fue mayormente aceptada en cuanto al color y olor. En la Tabla 4.26, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 4.26. Resumen de resultados obtenidos en análisis cuantitativo para galleta tipo margarita

Atributos	M36	M27	M64
Color	63	53	68
Olor	65	54	61
Textura	59	62	75
Sabor	50	61	66
Aroma	53	60	68

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Análisis de resultados

Tanto para el pan tipo francés como para la galleta tipo margarita, la formulación con mayor aceptación entre los panelistas fue la formulación 3, la cual posee un 75% de trigo, 15% de ojushte y 10% de plátano. De este resultado se pueden analizar varios factores, entre ellos:

- a) En una harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, las mejores características sensoriales del producto se obtienen a un nivel máximo de sustitución del trigo de 75%.
- b) Los panelistas aceptan productos con un máximo de sustitución de ojushte del 15%, evaluándolo debido a que en este porcentaje se percibe menos el sabor amargo del ojushte. En el caso del pan, se tuvo una mayor percepción de sabor a ojushte, pero en las galletas este sabor no fue demasiado notorio.
- c) Los atributos más valorados por los consumidores son sabor y color, siendo estos dos factores decisivos al inclinarse por un producto en específico.
- d) La bibliografía consultada señala que la mayor sustitución de plátano es en un porcentaje de 7%, sin embargo, en el caso de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano, la sustitución de plátano puede ser de 10%.

**CAPÍTULO V:
EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD DE LA HARINA
COMPUESTA Y LOS
PRODUCTOS ELABORADOS**

5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA HARINA COMPUESTA Y LOS PRODUCTOS ELABORADOS

Con la información obtenida en la evaluación de la aceptabilidad, sobre la formulación con mayor aceptación para pan tipo francés y galletas tipo margarita, se procedió a realizar la caracterización de harinas, análisis microbiológicos y fisicoquímicos de harinas y productos.

5.1. Caracterización de propiedades de masas de partículas de las harinas formuladas

En este apartado se presentan todos los análisis que se realizaron, para conocer el comportamiento de la harina compuesta y poder compararla con harinas de un solo componente. La metodología que se usó para los análisis es establecida por la norma ASTM D: 6393-99: Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices. La norma se muestra en el Anexo 6 y los cálculos de cada uno de los parámetros para cada análisis, se pueden observar en el Anexo 7.

5.1.1. Harina para pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

5.1.1.1. Ángulo de reposo de harina compuesta para pan tipo francés

El ángulo de reposo obtenido fue de 25.11° , el cual es ligeramente inferior respecto a los valores reportados por la FAO los cuales son entre $35-45^\circ$, esto debido a que la harina compuesta presenta menos propiedades de cohesividad ya que el contenido de humedad fue del 11% mientras que la harina de trigo contiene un valor de humedad de 13.36%. Otro factor que disminuye el ángulo de reposo es la esfericidad. La harina compuesta contiene partículas de mayor diámetro que la harina de trigo, por lo tanto eso disminuye el valor del ángulo de reposo. En la Tabla 5.1 se presentan los valores experimentales obtenidos para realizar este cálculo.

Tabla 5.1. Ángulo de reposo obtenido para la harina para pan tipo francés

Prueba	Diámetro	Altura	Hipotenusa	Angulo (°)
1	12	5.5	13.2003	24.6235
2	13.7	6	14.9562	23.6513
3	11.7	5.8	13.0587	26.3688
4	10.6	5.9	12.1313	29.1004
5	11	5.3	12.2102	25.7256
6	11	5.2	12.1671	25.3013
7	10.7	6.4	12.4679	30.8849
8	11.6	6	13.0598	27.3498
9	11	5	12.0830	24.4439
10	12.7	3.1	13.0728	13.7173
Promedio	11.6	5.42	12.8407	25.1167

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2. Ángulo de caída de harina compuesta para pan tipo francés

Este ángulo informa acerca de la cohesión de las partículas y da una idea de la facilidad con la que los materiales pueden fluir por efecto de presión después de estar en reposo. Entre más alto sea el valor del ángulo, mayor es la cohesión del material y es menor su tendencia a fluir libremente. El valor que se obtuvo fue de 16.47° , que se muestra en la Tabla 5.2, por lo que se puede decir que las harinas compuestas presentan mayor facilidad para fluir que las harinas normales y causarían menos problemas de obstrucción en tolvas o cabezales de transporte por gravedad.

Tabla 5.2. Ángulos de caída obtenidos para la harina para pan tipo francés

Prueba	Diámetro	Altura	Hipotenusa	Angulo (Rad)	Angulo
1	13.5	3.4	13.9215	0.2467	14.1360
2	12.3	3.5	12.78827	0.2772	15.8838
3	12.7	3.7	13.2280	0.2834	16.2428
4	12.4	3.9	12.9988	0.3047	17.4592
5	12.2	3.6	12.7200	0.2869	16.4403
6	12	3.8	12.5872	0.3066	17.5712
7	12.2	3.5	12.6921	0.2793	16.0074
8	12.5	3.9	13.0942	0.3024	17.3279
9	12.4	3.8	12.9691	0.2973	17.0377
10	12.7	3.8	13.2563	0.2907	16.6578
Promedio	12.49	3.69	13.0256	0.2875	16.4764

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3. Ángulo de espátula de harina compuesta para pan tipo francés

El ángulo de espátula es empleado para los análisis de fluidibilidad de los materiales y además da un parámetro de comparación con respecto al ángulo de fricción interna. Para la harina compuesta el valor obtenido fue de 41.59° , este ángulo es mayor que el ángulo de reposo, esto es debido a que las harinas no son muestras de flujo libre, en la Tabla 5.3 se muestran los datos obtenidos. En la Figura 5.1, se presenta el equipo que fue utilizado para medir el ángulo de reposo, caída y espátula.

Tabla 5.3. Ángulos de espátula obtenidos para la harina para pan tipo francés

Prueba	Altura (cm)	Altura post golpe (cm)	Promedio alturas (cm)	Grosor (cm)	Grosor post golpe (cm)	Promedio grosor (cm)	Hipotenusa (cm)	Angulo ($^\circ$)
1	4.5	3.8	4.15	3.4	3.5	3.45	5.39675	39.7376
2	4.2	3.9	4.05	3.5	3.5	3.5	5.3528	40.8334
3	4.5	3.7	4.1	3.7	3.8	3.75	5.5563	42.4471
4	4.2	3.9	4.05	3.9	3.9	3.9	5.6224	43.9190
5	4.4	3.8	4.1	3.6	3.8	3.7	5.5226	42.0643
6	4.4	4.2	4.3	3.8	3.8	3.8	5.7384	41.4677
7	4.8	4	4.4	3.5	3.6	3.55	5.6535	38.8972
8	4.4	3.8	4.1	3.9	3.9	3.9	5.6586	43.5679
9	4.4	4.2	4.3	3.8	3.8	3.8	5.7384	41.4677
10	4.8	3.9	4.35	3.8	3.9	3.85	5.8090	41.5106
Promedio	4.46	3.92	4.19	3.69	3.75	3.72	5.6030	41.5995

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.1. Equipo usado para medición de ángulo de reposo, caída y espátula.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4. Ángulo de fricción interna de harina compuesta para pan tipo francés

Para el cálculo del ángulo de fricción interna, no se observó la presencia de algún punto de inflexión en la gráfica de la Figura 5.2, por lo tanto no existe altura crítica y se reporta el ángulo de fricción interna como ángulo de pared. Los valores que se usaron para la obtención de dicha gráfica se presentan en la Tabla 5.4.

El valor del ángulo que se obtuvo fue de 22.86° , de acuerdo con la bibliografía consultada, el ángulo de fricción interna para el trigo es de 28° , por lo tanto el valor obtenido es aceptable, ya que se encuentra cerca del teórico, la diferencia en los valores puede deberse a la composición de la harina compuesta.

Tabla 5.4. Ángulos de fricción interna obtenidos para la harina para pan tipo francés

N° de prueba	Altura (cm)	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Presión (g/cm.s ²)	Presión (Pa)
1	3.8	50	96.9670	0.5156	1920.2398	192.03
2	7.5	100	191.3823	0.5225	3840.4796	384.0479
3	11.3	150	288.3494	0.5202	5760.7194	576.0719
4	14.2	200	362.3505	0.5519	7680.9592	768.0959
5	17.1	250	436.3517	0.5729	9601.1991	960.1199
6	19.8	300	505.2493	0.5937	11521.4389	1152.1438
7	23.8	350	607.3199	0.5763	13441.6787	1344.1678
8	26.7	400	681.3211	0.5870	15361.9185	1536.1918
9	30.6	450	780.8399	0.5763	17282.1583	1728.2158
10	33.4	500	852.2893	0.5866	19202.3982	1920.2398

Fuente: Elaboración propia

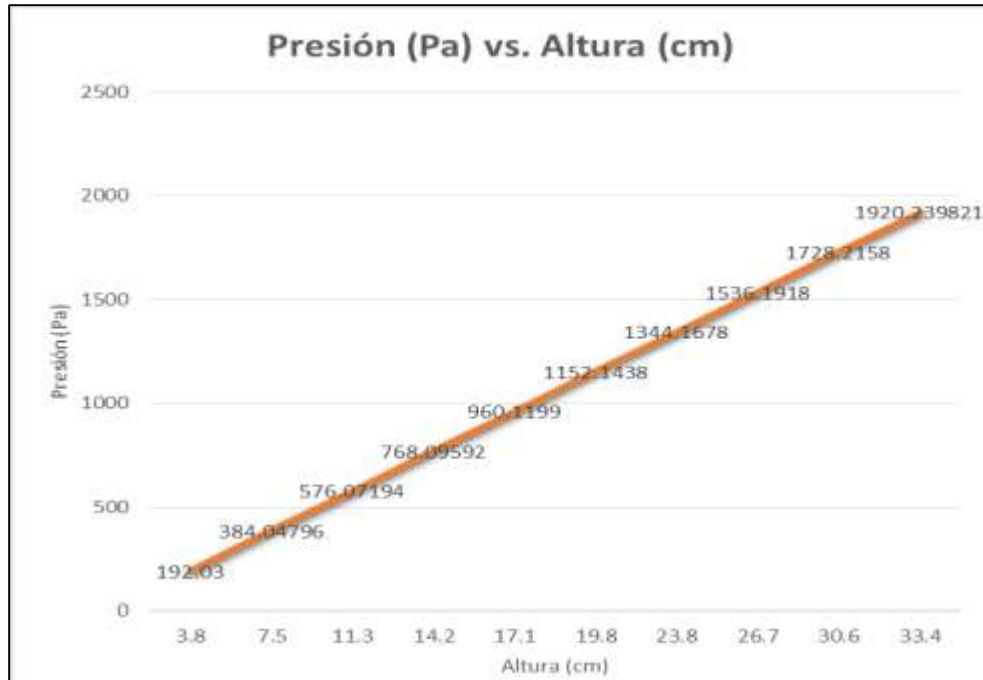


Figura 5.2. Gráfica de Presión (Pa) vs. Altura (cm), para la obtención del ángulo de fricción interna

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.3, se muestra la probeta con harina después de hacer cada una de las mediciones.



Figura 5.3. Arreglo usado para la medición del ángulo de fricción interna

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.5. Densidad aireada de harina compuesta para pan tipo francés

La densidad de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano se llevó a cabo en un depósito con las siguientes especificaciones:

- a) Volumen del depósito: 1345.5 ml
- b) Peso del depósito: 527.3 g

Las mediciones resultantes para la harina en estudio son las mostradas en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Datos de densidad aireada de harina para pan tipo francés

Peso deposito + harina (g)	Peso de la harina (g)	Densidad aireada del material (g/cm ³)
1185	657.7	0.4888
1190	662.7	0.4925
1200	672.7	0.4999
Promedio		0.4937

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.4, se muestra el sistema empleado en la medición de la densidad aireada.



Figura 5.4. Sistema para la medición de densidad aireada

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.6. Densidad empacada de harina compuesta para pan tipo francés

La densidad empacada se calculó a partir de la harina comprimida hasta rasar un depósito de las siguientes especificaciones:

- a) Volumen del depósito: 1345.5 ml

b) Peso del depósito: 527.3 g

A partir de la medición en el laboratorio se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Datos de densidad empacada de harina para pan tipo francés

Peso deposito + harina (g)	Peso de la harina (g)	Densidad empacada del material (g/cm ³)
1640	1112.7	0.8269
1640	1112.7	0.8269
1620	1092.7	0.8121
Promedio		0.8220

Fuente: Elaboración propia

Luego que se obtuvo el dato de la densidad aireada y la empacada, se calculó la densidad de trabajo, a partir de la Ecuación 5.1 y 5.2.

$$\rho_w = (\rho_e - \rho_a) * C + \rho_a \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

$$C = \frac{\rho_e - \rho_a}{\rho_e} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Donde:

- a) ρ_e : Densidad empacada (g/cm³)
- b) ρ_a : Densidad aireada (g/cm³)

$$C = \frac{(0.822 - 0.4938)}{0.8220} = 0.3993$$

$$\rho_w = [(0.8220 - 0.4938) * 0.3993] + 0.4938$$

$$\rho_w = 0.6248 \frac{g}{cm^3}$$

La densidad de la harina de trigo tiene un valor observado en la industria que oscila entre 0.55- 0.66 g/mL (Credeblg SL, 2010). En el caso de la harina de trigo, ojushte y plátano en estudio, se obtuvo una densidad de trabajo con un valor de 0.6248 g/cm³, lo cual no está fuera de los valores esperados en la industria y se considera que el valor de $\rho=0.6248$ g/cm³ es aceptable para la harina compuesta y que a nivel industrial no representaría un cambio tan drástico de lo que se acostumbra. En la Figura 5.5, se puede apreciar la harina después de haber sido empacada.



Figura 5.5. Harina empacada

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.7. Densidad aparente de harina compuesta para pan tipo francés

La densidad aparente de la harina de pan se llevó a cabo en una probeta con las especificaciones siguientes y los resultados se muestran en la Tabla 5.7.

- a) Volumen de la probeta: 500 ml
- b) Peso de la probeta: 370.6 g

Tabla 5.7. Datos para densidad aparente de harina para pan tipo francés

Peso probeta + harina (g)	Peso de la harina(g)	Densidad aparente del material (g/ml)
596.9	226.3	0.4526
609.8	239.2	0.4784
602.5	231.9	0.4638
Promedio		0.4649

Fuente: Elaboración propia

Los valores de densidad aparente para las harinas se observan entre 0.5 y 0.6 g/ml (FAO, 1993), lo cual en el caso de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano no se cumplió, sin embargo el valor de 0.4649 g/ml obtenido no fue un valor demasiado alejado del valor de 0.5 g/ml esperado en la industria y en países como Bolivia y otros de Latinoamérica se aceptan valores similares de densidad aparente.

5.1.1.8. Porcentaje de cohesión de harina compuesta para pan tipo francés

Para el análisis de cohesión 100 g de mezcla de harina, se sometieron a vibración en una serie de tamices de mallas: 60, 100 y 200. En la Figura 5.6, se muestran los tamices empleados con los cuales se obtuvo un porcentaje de cohesión de 27.3% (Ver Tabla 5.8). Usando el

porcentaje de cohesión se procedió a hacer el análisis de fluidibilidad, que se observa en la Tabla 5.9.



Figura 5.6. Tamices malla 60,100 y 200 usados para el análisis de cohesión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8. Porcentaje de cohesión de harina para pan tipo francés

Malla	Masa retenida (g)	% de cohesión asignado
60	0.25	12.5
100	0.05	1.5
200	1.33	13.3
Total		27.3

Fuente: Elaboración propia

El puntaje total de 57 que se muestra en la Tabla 5.9, según los índices de Carr indica que la harina es pobre y que se necesita agitación o vibración para poder fluir correctamente en determinado tipo de transporte mecánico.

Tabla 5.9. Análisis de fluidibilidad de harina para pan tipo francés

VARIABLES A EVALUAR	VALOR	Nº DE PUNTOS
Angulo de reposo	23.12°	25
% compresibilidad	39.25%	2
Angulo de espátula	41.51°	18
% cohesión	27.30%	12
Total		57

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.9. Tamaño de partícula de harina compuesta para pan tipo francés

De acuerdo con el RTCA 67.01.15:07: *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, el tamaño de las partículas debe ser tal que el 98% de la harina pase a través de un tamiz de 212 μ (tamiz Tyler 65), es decir se permite únicamente 2% de partículas

retenidas, sin embargo debido a que no se contó con dicho tamiz se empleó el tamiz Tyler 60, el cual es de un espesor mayor que el determinado por el reglamento. Se tomaron 2 g de muestra y se sometió a vibración durante 81 s, este tiempo fue calculado a partir de la densidad de trabajo y se le agregó un segundo por cada unidad menor a 100 lb/ft³.

Puesto que únicamente el 1.97% fue retenido en el tamiz Tyler 60 o dicho de otra manera el 98.03% de la harina pasó por dicho tamiz se comprueba el correcto cumplimiento del RTCA 67.01.15:07. Las cantidades y porcentajes de masa retenida en cada malla se muestran en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Porcentaje retenido de harina para pan tipo francés

Mallas	Masa retenida (g)	% retenido
60	1.97	1.97
100	27.24	27.24
200	54.77	54.77
Fondo	16.01	16.01
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Harina para galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

5.1.2.1. Ángulo de reposo de harina compuesta para galleta tipo margarita

El ángulo de reposo obtenido fue de 22.20°, mostrado en la Tabla 5.11, al igual que con la mezcla de harinas para pan tipo francés, presenta un valor bajo, debido al menor grado de cohesión con respecto a harinas de trigo.

Tabla 5.11. Ángulos de reposo obtenidos para la harina para galleta tipo margarita

Prueba	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Hipotenusa (cm)	Angulo (°)
1	12.5	5.5	13.6565	23.0752
2	13.3	6	14.5907	23.5611
3	13	5.8	14.2351	23.3446
4	12.5	5.9	13.8224	24.4562
5	13.4	5.3	14.4100	21.0732
6	12.5	5.2	13.5384	22.0067
7	12.8	6.4	14.3108	25.6234
8	12.4	6	13.7753	24.9558
9	12.9	5	13.8351	20.7066
10	13	3.1	13.3645	13.2901
Promedio	12.83	5.42	13.9539	22.2093

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2. Ángulo de caída de harina compuesta para galleta tipo margarita

El ángulo de caída obtenido en la harina para galletas es de 20.64°, como se puede apreciar en la Tabla 5.12. Entre más bajo sea el ángulo, la harina presenta una menor cohesividad.

Tabla 5.12. Ángulos de caída obtenidos para la harina para galleta tipo margarita

Prueba	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Hipotenusa (cm)	Angulo (°)
1	14	5.5	15.0416	20.9503
2	14	6	15.2315	22.5699
3	13.6	5.8	14.7851	22.4763
4	13.5	5.9	14.7329	22.9448
5	14.1	5.3	15.0632	20.1595
6	14.2	5.2	15.1221	19.7020
7	14.4	6.4	15.7581	23.2700
8	13.9	6	15.1396	22.7068
9	13.7	5	14.5838	19.6435
10	14.4	3.1	14.7299	12.0582
Promedio	13.98	5.42	15.0188	20.6481

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.3. Ángulo de espátula de harina compuesta para galleta tipo margarita

El ángulo de espátula obtenido fue de 36.63°, como se aprecia en la Tabla 5.13. Al igual que con la harina para pan tipo francés este ángulo fue mayor que el ángulo de reposo, demostrando así la fluidibilidad de la mezcla.

Tabla 5.13. Ángulos de espátula obtenidos para la harina para galleta tipo margarita

Prueba	Altura (cm)	Altura post golpe (cm)	Promedio alturas (cm)	Grosor (cm)	Grosor post golpe (cm)	Hipotenusa (cm)	Angulo (°)
1	4.3	3.4	3.85	3	3.2	5.0062	36.6235
2	4.5	3.4	3.95	3	3.3	5.1470	36.7345
3	4.6	3.6	4.1	3	3.23	5.2194	35.4567
4	4.5	3.6	4.05	3	3.2	5.1616	35.5209
5	3.6	3	3.3	3	3.2	4.5967	39.8862
6	4.3	3.5	3.9	3	3.2	5.0447	36.3436
7	4.6	3.9	4.25	3	3.3	5.3807	35.1393
8	4.4	3.2	3.8	3	3.35	5.0658	37.8894
9	4.4	3.5	3.95	3	3.2	5.0835	36.0666
10	4.4	3.5	3.95	3	3.3	5.1470	36.7345
Promedio	4.36	3.46	3.91	3	3.248	5.0853	36.6395

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.4. Ángulo de fricción interna de harina compuesta para galleta tipo margarita

Al igual que con la harina para pan tipo francés, la harina para galletas no presentó punto de inflexión y se procedió a calcular el ángulo de pared. El valor del ángulo de fricción interna obtenido fue de 27.96°, este valor se encuentra más cercano al ángulo de fricción interna para el trigo de 28°, por lo tanto no habría mayor diferencia en el tipo de almacenamiento entre una harina de trigo y la harina compuesta por trigo, ojushte y plátano. En la Tabla 5.14, se presentan los valores que fueron calculados para la construcción de la gráfica mostrada en la Figura 5.7.

Tabla 5.14. Ángulos de fricción interna obtenidos para la harina para galleta tipo margarita

N° de prueba	Altura (cm)	Masa (g)	Volumen(cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Presión (g/cm.s ²)	Presión (Pa)
1	4.3	50	109.7258	0.4556	1920.2398	192.0239
2	7.8	100	199.0376	0.5024	3840.4796	384.0479
3	11.9	150	303.6599	0.4939	5760.7194	576.0719
4	16.1	200	410.8341	0.4868	7680.9592	768.0959
5	19.7	250	502.6976	0.4973	9601.1991	960.1199
6	23.2	300	592.0093	0.5067	11521.4389	1152.1438
7	26.9	350	686.4246	0.5098	13441.6787	1344.1678
8	30.2	400	770.6329	0.5190	15361.9185	1536.1918
9	35.1	450	895.6693	0.5024	17282.1583	1728.2158

Fuente: Elaboración propia

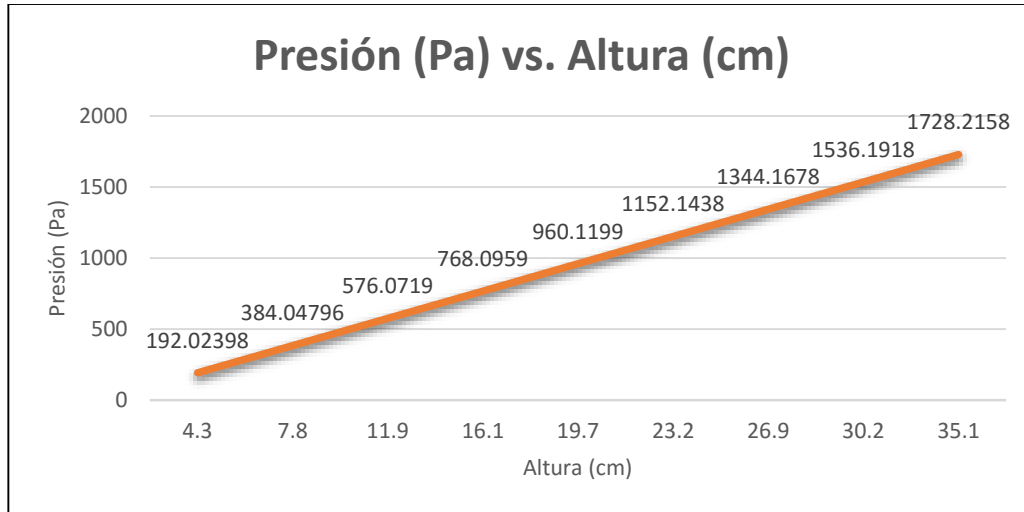


Figura 5.7. Gráfica de Presión (Pa) vs. Altura (cm), para la obtención del ángulo de fricción interna
Fuente: Elaboración propia

5.1.2.5. Densidad aireada de harina compuesta para galleta tipo margarita

El depósito utilizado para la medición de la densidad aireada presentaba las especificaciones mostradas a continuación y los datos obtenidos por medio de las mediciones realizadas y el cálculo de la densidad se muestra en la Tabla 5.15.

- a) Volumen del depósito: 1440 ml
- b) Peso del depósito: 561.5 g

Tabla 5.15. Datos para densidad aireada de harina para galleta tipo margarita

Peso deposito + harina (g)	Peso de la harina (g)	Densidad aireada del material (g/cm ³)
1210	648.5	0.4503
1260	698.5	0.4850
1200	638.5	0.4434
Promedio		0.4596

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.6. Densidad empacada de harina compuesta para galleta tipo margarita

La densidad empacada de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano requirió de un depósito de madera con las dimensiones siguientes:

- a) Volumen del depósito: 1440 ml

b) Peso del depósito: 561.5 g

Los cálculos se llevaron a cabo con la fórmula de la densidad a partir de los datos reportados en la Tabla 5.16 y en la misma tabla se enlistan los valores de la densidad obtenidos así como su media.

Tabla 5.16. Datos para densidad empacada de harina para galleta tipo margarita

Peso deposito + harina (g)	Peso de la harina (g)	Densidad empacada del material (g/cm ³)
1510	948.5	0.6586
1520	958.5	0.6656
1480	918.5	0.6378
Promedio		0.6540

Fuente: Elaboración propia

Luego que se tiene el dato de la densidad aireada y la empacada, se calculó la densidad de trabajo, a partir de las Ecuaciones 5.1 y 5.2 en el apartado 5.1.1.6.

$$C = \frac{(0.6540 - 0.4596)}{0.6540} = 0.02972$$

$$\rho_w = [(0.6540 - 0.4596) * 0.02972] + 0.4596$$

$$\rho_w = 0.5174 \frac{g}{cm^3}$$

Como se explicó con anterioridad en el apartado 5.1.1.6 las densidades de la harina de trigo tienen valores observados en la industria que rondan entre 0.55 g/ml y 0.66 ml/g (Credeblg SL, 2010). En el caso de la harina para galletas tipo margarita, se obtuvo por cálculo una densidad con un valor de 0.5174 g/cm³ que al igual que la harina para pan tipo francés se encuentra dentro de los valores esperados en la industria para una harina por lo tanto es un valor aceptable y no sería difícil manejarla a nivel industrial.

5.1.2.7. Densidad aparente de harina compuesta para galleta tipo margarita

La densidad aparente de la harina para galletas se llevó a cabo en una probeta con las especificaciones siguientes:

- a) Volumen de la probeta: 500 ml
- b) Peso de la probeta: 370.6 g

Los resultados y cálculos se muestran en la Tabla 5.17, que también incluye los valores de densidad obtenidos a través de cálculos con la fórmula masa sobre volumen.

Tabla 5.17. Datos para densidad aparente de harina para galleta tipo margarita

Peso probeta + harina (g)	Peso de la harina (g)	Densidad aparente del material (g/mL)
595.1	224.5	0.449
582.1	211.5	0.423
580.4	209.8	0.4196
Promedio		0.4305

Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido de densidad aparente para harina para galleta tipo margarita fue igual que la densidad de trabajo, sin embargo fue menor que los valores obtenidos para la harina de pan. Los valores de densidad aparente observados entre 0.5- 0.6 g/ml (FAO, 1993), nuevamente no se cumplieron, esta vez con un valor más alejado de 0.5, pero al mismo tiempo se debe recalcar que en otros países de Latinoamérica se aceptan en sus fichas técnicas para harina de trigo valores de densidad aparente entre 0.4-0.7 g/ml, por lo cual no se espera que se tuvieran problemas serios para almacenar y empacar harinas de esta densidad aparente.

5.1.2.8. Porcentaje de cohesión de harina compuesta para galleta tipo margarita

Para calcular el porcentaje de cohesión, se siguió la misma metodología que para el pan tipo francés, los valores de la masa retenida en cada malla se muestran en la Tabla 5.18, así como el porcentaje total, luego con este valor se realizó el análisis de fluidibilidad, usando los parámetros que se detallan en la Tabla 5.19, el valor de este análisis fue de 65, según los índices de Carr indica que la harina posee únicamente lo necesario para poder fluir correctamente en determinado transporte mecánico, sin embargo puede tender a quedar retenida.

Tabla 5.18. Porcentaje de cohesión de harina para galleta tipo margarita

Malla	Masa retenida (g)	% de cohesión asignado
60	0.5	25
100	0.45	13.5
200	0.96	9.6
Total		48.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.19. Análisis de fluidibilidad de harina para galleta tipo margarita

Variables a evaluar	Valor	N° de Puntos
Angulo de reposo	22.21°	25
% Compresibilidad	29.72%	12
Angulo de espátula	36.64°	21
% Cohesión	48.10%	7
Total		65

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.9. Tamaño de partícula de harina compuesta para galleta tipo margarita

Para el caso de la harina para la elaboración de galletas tipo margarita, como se puede apreciar en la Tabla 5.20, el 1.99% de toda la masa de harina fue retenido en el tamiz Tyler 60 o dicho de otra manera el 98.01% de la harina pasó por dicho tamiz, por lo que se comprueba el correcto cumplimiento del RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, ya que la norma permite un máximo de retenido del 2%.

Tabla 5.20. Porcentaje retenido de harina para galleta tipo margarita

Mallas	Masa retenida (g)	% retenido
60	1.99	1.99
100	17.68	17.68
200	63.80	63.80
Fondo	16.52	16.52
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia

5.2. Evaluación fisicoquímica de la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano y productos de panificación

En este apartado, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realizaron a las harinas compuestas, así como los análisis para los productos de panificación, que fueron tomados como base para diseñar su respectiva etiqueta nutricional. Los resultados obtenidos serán confrontados contra el RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones* para las harinas y la NSO 67.30.01:04 *Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*, para los productos de panificación, y de esta

manera evaluar la calidad final obtenida de los mismos. En el Anexo 8, se muestra el extracto del RTCA 67.01.15:07 y la NSO 67.30.01:04 usado para confrontar los resultados de los y análisis y en el Anexo 9, se presenta un ejemplo de cálculo de las pruebas realizadas.

5.2.1. Harina para pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

5.2.1.1. Análisis fisicoquímicos para acidez en grasa de harina compuesta para pan tipo francés

a) Estandarización de la solución de biftalato de potasio

P.M. del biftalato=204.22 g/mol

Se tomaron 3 muestras de biftalato de potasio y se tituló para la estandarización de una solución de KOH, esto debido a que el KOH no es patrón primario y su pureza puede verse afectada por los factores del medio ambiente. Los resultados se muestran en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21. Datos para la estandarización de la solución de Biftalato de potasio

Peso del biftalato de potasio (g)	ml de KOH gastados	M KOH
0.0201	6.2	0.01587
0.0198	6.1	0.01589
0.0202	6	0.01648
Promedio		0.01608

Fuente. Elaboración propia

Al llevar a cabo la titulación de las muestras de harinas los datos obtenidos son los que se muestran en la Tabla 5.22

Tabla 5.22. Datos de acidez de harina para pan tipo francés

Harina	Muestra	KOH (ml)	Índice de acidez (mg KOH/g de grasa)	mg de KOH/100 g de grasa	mg de KOH/100 g de grasa permitido por el RTCA
1	20.005	10.3	0.4285	42.8512	50
2	20.004	11.7	0.4916	49.1685	
3	20.004	10.7	0.4465	44.6577	
Promedio				45.5591	

Fuente: Elaboración propia

El RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, establece que las harinas deben requerir no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de grasa, la mezcla de harinas bajo estudio obtuvieron menos de lo que dicta el Reglamento, para el caso de la harina para pan de trigo, ojushte y plátano se cumple con esa especificación ya que el promedio de hidróxido de potasio necesario para titular 100 gramos de muestra fueron de 45.559 mg KOH/100 de grasa. En la Figura 5.8, se muestran los resultados obtenidos después de la titulación en cada una de las muestras.



Figura 5.8. Resultados de análisis de acidez en grasa en harina

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2. Humedad de harina compuesta para pan tipo francés

El Método AACC (44-15A) *Determinación del contenido de humedad*, exige secar aproximadamente 2 g de los productos durante 60 minutos a $130\pm 1^{\circ}\text{C}$. Después de transcurridos los 60 min se procede a pesar la muestra y se calcula el porcentaje de humedad.

EL RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, permite un máximo de 15.5% de humedad en harinas, como se puede observar en la Tabla 5.23, el porcentaje de humedad fue de 11.75% en promedio de las 3 muestras experimentales para la mezcla de harinas usada en el pan tipo francés, por lo tanto, cumplen con el valor máximo permitido. En la Figura 5.9, se pueden apreciar los resultados de este análisis.



Figura 5.9. Resultados de análisis de humedad en harina

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.23. Datos obtenidos en análisis de humedad de harina para pan tipo francés

N° de muestra	Peso de vidrio reloj vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de vidrio reloj + harina (g), en 60 min	Peso de harina seca (g)	Humedad %	Promedio de muestras (%)	Límite permitido por el RTCA (%)
1	28.759	2.029	30.534	1.775	12.5184	11.7533	15
2	47.324	2.09	49.193	1.869	10.5741		
3	32.612	2.03	34.395	1.783	12.1674		

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.3. Ceniza de harina compuesta para pan tipo francés

Se entienden por cenizas al residuo obtenido por incineración a una temperatura de $550 \pm 10^\circ\text{C}$ hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante. El método de la AOAC 14.006, plantea pesar de 2-6 g de muestra en un crisol, a $550 \pm 10^\circ\text{C}$, hasta la obtención de cenizas blancas/grisáceas. El contenido de cenizas máximo permitido en harinas es del 1% p/p, estas cenizas en su mayoría son un indicador de la calidad del alimento, ya que pueden provenir de adulterantes inorgánicos. Experimentalmente se determinó que la harina para pan tipo francés contiene un 1.614% de cenizas, como se puede ver en la Tabla 5.24, por lo tanto no cumple con el contenido máximo de cenizas permitido por el RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, esto podría deberse a que la harina de ojushte posee un alto contenido de minerales, como lo son calcio, magnesio y manganeso, cuyos óxidos respectivos quedan en las cenizas. En la Figura 5.10, se pueden observar las cenizas de la harina.



Figura 5.10. Resultados de análisis de cenizas en harina

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.24. Datos obtenidos en análisis de cenizas en harina para pan tipo francés

N° de muestra	Peso de crisol vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de crisol + ceniza(g), en 150 min	Peso de cenizas obtenidas (g)	% de cenizas sustancia natural.	% de cenizas sustancia seca.	Promedio (%)	Límite permitido por el RTCA (%)
1	23.277	4.034	23.346	3.965	1.7104	1.7122	1.6170	1
2	33.644	4.019	33.706	3.957	1.5426	1.5445		
3	51.348	4.019	51.412	3.955	1.5924	1.5943		

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Análisis fisicoquímicos para harina para galleta de trigo, ojushte y plátano

5.2.2.1. Acidez en grasa de harina compuesta para galleta tipo margarita

Para la harina para galleta de trigo, ojushte y plátano se obtuvieron valores de KOH gastado inferiores a los valores para la harina de pan, estos datos y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Datos para acidez en grasa para harina para galleta tipo margarita

N° de muestra	Muestra	KOH	Índice de acidez	mg de KOH	mg de KOH permitido por el RTCA
1	20.001	6.8	0.2793	27.9397	50
2	20.014	6.6	0.2699	26.9909	
3	20.017	6.5	0.2652	26.5215	
Promedio				27.1507	

Fuente: Elaboración propia

El RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones* específica que las harinas deben requerir no más de 50 mg de Hidróxido de Potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de grasa, la mezcla de harinas para galletas obtuvo menos

de lo que dicta el Reglamento y se cumple con esa especificación ya que el promedio de hidróxido de potasio necesario para titular 100 gramos de muestra fueron de 27.15 mg KOH/100 de grasa, lo que al mismo tiempo da una idea acerca de que tendrá una vida útil más estable debido a la menor cantidad de ácidos grasos libres en la mezcla. En la Figura 5.11, se muestran los resultados de este análisis.



Figura 5.11. Resultados de análisis de acidez en grasa en harina

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2. Humedad de harina compuesta para galleta tipo margarita

El Método AACC (44-15-A) *Determinación del contenido de humedad*, exige secar aproximadamente 2 g de los productos durante 60 minutos a $130\pm 1^{\circ}\text{C}$. En la Figura 5.12 se muestran los resultados obtenidos. EL RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones* permite un máximo de 15.5% de humedad en harinas, como se puede observar en la Tabla 5.26, el porcentaje de humedad es de 11.03% en promedio para las 3 muestras experimentales de la mezcla de harinas utilizada en la elaboración de galletas tipo margarita, por lo tanto se cumple con el valor máximo permitido.



Figura 5.12. Resultados de análisis de humedad en harina

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.26. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en harina para galleta tipo margarita

N° de muestra	Peso de vidrio reloj vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de vidrio reloj + harina (g), en 60 min	Peso de harina seca (g)	Humedad (%)	Promedio de muestras (%)	Límite permitido por el RTCA (%)
1	34.709	2.027	36.522	1.813	10.5574	11.0371	15.5
2	23.714	2.004	25.482	1.768	11.7764		
3	37.341	2.032	39.154	1.813	10.7775		

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3. Cenizas de harina compuesta para galleta tipo margarita

Experimentalmente se determinó que la harina presentaba un 1.78%, por lo tanto no cumple con el contenido máximo de cenizas permitidos por el RTCA 67.01.15:07 *Harina. Harina de Trigo Fortificada. Especificaciones*, esto puede deberse a que la harina de ojushte posee un alto contenido de minerales, como lo son hierro, calcio, magnesio y manganeso, cuyos óxidos respectivos quedan en las cenizas. En la Tabla 5.27 y Figura 5.13, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5.27. Datos experimentales obtenidos para análisis de cenizas

N° de muestra	Peso de crisol vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de crisol + ceniza(g), en 150 min	Peso de cenizas obtenidas (g)	% de cenizas sustancia natural.	% de cenizas sustancia seca.	Promedio de muestras (%)	Límite permitido por el RTCA (%)
1	23.402	4.049	23.462	3.989	1.4818	1.4832	1.7801	1
2	23.688	4.038	23.765	3.961	1.9068	1.9089		
3	17.176	4.111	17.256	4.031	1.9459	1.9482		

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.13. Resultados de análisis de cenizas en harina

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Análisis fisicoquímicos para pan tipo francés de harina de trigo, ojushte y plátano

En el siguiente apartado se presentan los análisis fisicoquímicos realizados para el pan tipo francés, realizados con el objetivo de analizar su calidad, siguiendo las especificaciones de la NSO 67.30.01:04: *Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*.

5.2.3.1. Humedad de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

La metodología empleada para determinar la humedad de los productos de panificación, fue la misma que se usó para la determinación de humedad en harinas. Con respecto al pan tipo francés, el límite máximo permitido de humedad es del 30%.

El promedio obtenido de las muestras analizadas como se puede observar en la Tabla 5.28, es de 21.81% por lo tanto, cumple con el límite establecido. En la Figura 5.14, se muestran los resultados de este análisis.

Tabla 5.28. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en pan tipo francés

N° de muestra	Peso de vidrio reloj vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de vidrio reloj + harina (g), en 90 min	Peso de harina seca (g)	Humedad %	Promedio de muestras	Límite permitido por el RTCA
1	54.098	2.157	55.824	0.431	19.98	21.81%	30%
2	32.63	1.99	33.933	0.417	20.95		
3	24.399	2.051	25.948	0.502	24.48		

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.14. Resultados de análisis de humedad en pan francés

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.2. Acidez en pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

La acidez del extracto alcohólico de los alimentos se determina por titulación y se expresa en ml de NaOH. Para su determinación, se siguió la metodología AOAC 20.042 Edición 10 *Acido Benzoico y Sórbito en comida*. El valor máximo permitido de acidez en productos de

panificación como el pan francés es del 0.2%, y experimentalmente se obtuvo que el contenido de acidez era de 0.1928%, por lo que cumple con el valor establecido por la norma. En la Tabla 5.29, se muestran los datos obtenidos y en la Figura 5.15, los resultados del análisis.

Tabla 5.29. Datos experimentales obtenidos para análisis de acidez en pan tipo francés

Solución de NaOH estandarizada: 0.02381 N.				
N° de muestra	Volumen de NaOH consumido en ml	Grado de acidez (%)	Promedio en muestras (%)	Contenido de acidez, permitido por el RTCA
1	4.3	0.2047	0.1928%	0.2%
2	3.8	0.1809		

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.15. Resultados de análisis de acidez en pan francés

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.3. Cloruro de sodio de pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

Este método se basa en la titulación de una muestra de alimento, donde se valoran los cloruros contenidos en ella, con una solución valorada de nitrato de plata (0.1 N), empleando dicromato de potasio como indicador, según el método de Mohr. Las muestras empleadas fueron previamente calcinadas. Los datos experimentales obtenidos se muestran en la Tabla 5.30.

Tabla 5.30. Datos de análisis de cloruro de sodio en muestra de pan tipo francés

Muestra	Peso muestra (g)	ml AgNO ₃ en blanco	ml AgNO ₃ en muestra	% NaCl	% NaCl permitido por el RTCA
1	0.147	8.6	8.9	1.19	1.5%
2	0.096	8.2	8.4	1.21	
3	0.096	8.6	8.9	1.18	
Promedio	0.113	8.47	8.73	1.19	

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se reporta que el contenido de sal del pan tipo francés (1.19%) está de acuerdo con la norma salvadoreña NSO67.30.01:04 *Productos de panadería. Clasificación y*

especificaciones del pan dulce, la cual expresa un contenido máximo permitido de cloruro de sodio del 1.5%.

5.2.4. Análisis fisicoquímicos para galleta tipo margarita de harina de trigo, ojushte y plátano

5.2.4.1. Humedad de galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

La metodología empleada para determinar la humedad de la galleta, fue la misma que se usó para el pan tipo francés y para la determinación de humedad en harinas.

Con respecto a los productos de panadería, el límite máximo permitido de humedad es del 30%, el promedio obtenido de las muestras analizadas como se puede observar en la Tabla 5.31, es de 19.28% para las galletas, por lo tanto, cumplen con el límite establecido. En la Figura 5.16, los resultados del análisis.

Tabla 5.31. Datos experimentales obtenidos para análisis de humedad en galletas

N° de muestra	Peso de vidrio reloj vacío (g)	Peso de harina inicial (g)	Peso de vidrio reloj + harina (g), en 90 min	Peso de harina seca (g)	Humedad (%)	Promedio de muestras	Límite permitido por el RTCA
1	37.116	2.083	38.760	0.439	21.08	19.28%	30%
2	43.843	2.16	45.55	0.453	20.97		
3	38.475	2.021	40.177	0.319	15.78		

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.16. Resultados de análisis de humedad en galletas

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.2. Acidez de galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

La acidez del extracto alcohólico de los alimentos se determina por titulación y se expresa en ml de NaOH, se siguió la metodología de la AOAC 20.042 Edición 10 *Acido Benzoico y Sórbito en comida*. El valor máximo permitido de acidez en productos de panificación como

las galletas es del 0.2%, y experimentalmente se obtuvo que el contenido de acidez en el producto era de 0.1929%, por lo que cumple con el valor establecido por la norma. En la Tabla 5.32, se muestran los datos obtenidos y en la Figura 5.17, los resultados del análisis.

Tabla 5.32. Datos experimentales obtenidos para análisis de acidez en galletas.

Solución de NaOH estandarizada: 0.02381 N.					
Tipo de producto	Nº de muestra	Volumen de NaOH consumido (ml)	Grado de acidez (%)	Promedio en muestras (%)	Límite NaOH permitido por el RTCA (%)
Galleta	1	4.1	0.1952	0.1929	0.2
	2	4.2	0.1905		

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.17. Resultados de análisis de acidez en galleta

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.3. Cloruro de sodio de galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

Para el análisis de cloruro de sodio en galletas, se utilizó de igual manera el método de Mohr como para el pan, ya que ambos productos de panificación cumplen con las características establecidas por la metodología para la determinación de cloruros en ellos, debido a la formación de precipitados, los valores experimentales se muestran en la Tabla 5.33.

Tabla 5.33 Datos de análisis de cloruro de sodio en muestra galletas

Muestra	Peso muestra (g)	ml AgNO ₃ en blanco	ml AgNO ₃ en muestra	% NaCl	Límite de NaCl permitido por el RTCA (%)
1	0.210	8.2	8.5	0.84	1.5
2	0.210	8.0	8.4	1.11	
3	0.250	8.2	8.6	0.94	
Promedio	0.22	8.13	8.5	0.96	

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las galletas, se presentó un valor de cloruro de sodio de 0.96%, el cual está de acuerdo con la norma salvadoreña NSO 67.30.01:04 *Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*, la cual expresa un contenido máximo permitido de cloruro de sodio del 1.5% para los productos de panadería.

5.3. Evaluación microbiológica de las harinas y productos formulados

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), los resultados obtenidos para pan tipo francés y galletas tipo margarita se muestran en los siguientes apartados. En el Anexo 11, se muestra el certificado brindado por la institución de los análisis realizados a las muestras de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, para pan tipo francés y galleta tipo margarita, así como el de los productos.

5.3.1. Resultados de análisis microbiológicos de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano para pan tipo francés y galleta tipo margarita

A ambas muestras se les realizó recuento de hongos filamentosos y levaduras, ya que es lo exigido por el RTCA 67.01.15:07, los resultados se pueden observar en la Tabla 5.34.

Tabla 5.34. Resultados de análisis microbiológicos a harinas de trigo, plátano y ojushte

Muestra	Determinación	Resultados	Especificaciones
Harina para pan tipo francés	Recuento de hongos filamentosos y levaduras	290 UFC/g	1,000 UFC/g
Harina para galletas tipo margarita		330 UFC/g	1,000 UFC/g

Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos se puede determinar si el proceso para la elaboración de harina, así como su empaclado y almacenamiento, son adecuados, por tanto de acuerdo con los valores obtenidos se puede decir que la harina es inocua y es permitida para la elaboración de productos de panadería.

5.3.2. Resultados de análisis microbiológicos para pan tipo francés y galleta tipo margarita

Con respecto al pan tipo francés y galletas tipo margarita, se evaluó la presencia de Coliformes totales, *Escherichia Coli*, recuento de hongos filamentosos y levaduras, recuento

total de aerobios y detección de *Salmonella spp*, confrontando los resultados con la norma NSO 67.30.01:04: *Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*. Los resultados se muestran en la Tabla 5.35

Tabla 5.35. Resultados de análisis microbiológicos a productos de panificación a base de trigo, plátano y ojushte

Muestra	Determinación	Resultados	Especificaciones
Pan tipo francés	Coliformes totales	Menos de 10 UFC/g	100 UFC/g
	Recuento de <i>E. coli</i>	Ausencia	Ausencia
	Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	10 UFC/g	50 UFC/g
	Recuento total de aerobios	9,600 UFC/g	10,000 UFC/g
	Detección de <i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia/ 25 gramos
Galletas tipo margarita	Coliformes fecales y <i>E. coli</i>	Ausencia	Ausencia
	Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	Menor de 10UFC/g	50 UFC/g
	Recuento total de aerobios	10 UFC/g	10,000 UFC/g
	Detección de <i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia/ 25 gramos
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia (UFC/g)

Fuente: Elaboración propia

La contaminación de las harinas es principalmente por su aumento de actividad de agua que permite el desarrollo de hongos y levaduras, así como bacterias del genero *bacillus*. Al presentarse valores menores que los establecidos por el RTCA, se puede observar que el procesamiento realizado a las materias primas para la obtención de las harinas, así como su empaque y su almacenamiento fueron los adecuados, ya que los resultados obtenidos en el análisis microbiológico, cumplen con lo establecido por el reglamento aplicado.

5.4. Diseño de etiqueta nutricional para pan tipo francés y galleta tipo margarita

El etiquetado nutricional debe proporcionar información sobre el tipo y cantidad de nutrientes aportados al alimento, dicha información debe ser presentada en forma estandarizada. De acuerdo con el RTCA 67.01.60:10 *Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad*, el etiquetado nutricional se define de la siguiente manera: “*es toda descripción destinada a informar al consumidor sobre las propiedades nutricionales de un alimento; comprende dos componentes: declaración de nutrientes y la información nutricional complementaria*”.

El etiquetado nutricional no debe dar a entender deliberadamente que los alimentos presentados con tal etiquetado, tienen necesariamente alguna ventaja nutricional respecto a otros alimentos que no lo incluyen.

Para efectos de conocer el aporte nutricional de los productos elaborados, se ha diseñado una propuesta de etiqueta nutricional. La información sobre el contenido nutricional de un alimento dependerá de la cantidad de información proporcionada en el mismo, a continuación se detallan los nutrientes que se deben declarar:

- a) Valor energético
- b) Grasa Total
- c) Carbohidratos
- d) Sodio
- e) Proteínas

Para la obtención de la información sobre el contenido nutricional de los productos, se realizaron análisis de proteína, grasa, calcio, hierro, magnesio y fibra cruda, en el Anexo 11, se muestra el certificado de los resultados obtenidos.

5.4.1. Pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano

En el siguiente apartado se muestra el análisis nutricional realizado para el pan tipo francés el cual fue calculado para una unidad de 30 g la cual es la porción propuesta en esta investigación, ya que en evaluaciones de aceptabilidad previas se determinó que por las propiedades de la harina compuesta, a este peso se presentaba mayor semejanza en cuanto al volumen del pan tipo francés artesanal comercializado en El Salvador.

Debido a que no se cuenta con una etiqueta para pan tipo francés en el mercado, los valores nutricionales se compararon con los valores de referencia reportados por el INCAP para el pan francés salvadoreño. Así mismo se tomará en cuenta los valores diarios recomendados por la FAO/OMS los cuales establecen el valor mínimo por persona que se deben consumir de cada nutriente para tener una dieta balanceada. En la Tabla 5.36 se muestran los valores diarios recomendados por la FAO/OMS.

Tabla 5.36. Valores Diarios Recomendados para consumo humano sugeridos por la FAO/OMS

Nutriente	Unidades	Valor
Proteína	g	50
Calcio	mg	800
Magnesio	mg	300
Hierro	mg	14
Carbohidratos	g	300
Grasa	g	65
Sodio	mg	2400

Fuente: RTCA 67.04.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad

En la Tabla 5.37 se muestra el valor energético contenido en el pan francés, en el cual la energía total corresponde a la sumatoria de cada nutriente que aporta energía, en la Tabla 5.38 se muestran los resultados obtenidos del contenido nutricional para la muestra de pan francés obtenido. Como se mencionó anteriormente los cálculos son con base en una porción de 30 g.

Tabla 5.37. Resultados del cálculo de valor energético para pan tipo francés de ojushte, trigo y plátano

Valor energético.		
Componente (g)	Cantidad en 30 g (kcal)	Valor energético (kcal)
Proteína cruda	4	16
Grasa	3.25	29.25
Carbohidratos	15	60
Total		105.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.38. Contenido nutricional de pan tipo francés de ojushte, trigo y plátano por porción de 30 g y su %VDR

Componente	Valor detectado	Porción 30 g	% VDR	%VDR declarado (obtenido en redondeo)	Peso absoluto (declarado)
Proteína cruda (g)	14.07	4.221	8.442	8	4
Grasa (g)	9.8	2.94	4.5230	5	3.25
Carbohidratos (g)	53.62	16.086	5.362	5	15
Calcio (ppm)	444.27	13.3281	1.666	2	16
Hierro (ppm)	4.09	0.1227	0.8764	2	0.28
Magnesio (ppm)	606.18	18.1854	6.0618	6	18
Fibra cruda (g)	0	0	0	0	0
Sodio (ppm)	11.9	0.357	0.0148	0	0

Fuente: Elaboración propia
*VDR: Valor Diario Recomendado

Como se puede apreciar en la Tabla 5.39 los valores obtenidos a través del análisis proximal se compararon con los valores proporcionados en la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica del INCAP, con el fin de conocer la semejanza entre el pan tipo francés salvadoreño artesanal y el pan tipo francés elaborado a partir de harina compuesta.

Tabla 5.39. Comparación entre valores de referencia para pan francés del INCAP y los obtenidos para pan tipo francés a partir de harina compuesta

Componente	Porción de pan 30 g (INCAP)		Pan elaborado de harina compuesta		Diferencia del %VDR del pan elaborado con harina compuesta con respecto al pan reportado por el INCAP
	Peso absoluto por porción 30g	%VDR	Peso absoluto por porción 30g	%VDR	
Proteína (g)	3.5	7	4	8	+1%
Grasa (g)	0.13	0.2	3.3	5	+4.8%
Carbohidratos (g)	21	7	15	5	-2%
Calcio (mg)	8	1	16	2	+1%
Hierro (mg)	0.84	6	0.3	2	-4%
Magnesio (mg)	N/R*	N/R*	18	6	N/R
Sodio (mg)	N/R*	N/R*	0	0	N/R
Valor energético (kcal)	99	5	105.3	5.2	+0.2%

Fuente: Elaboración propia

*No reportado en la tabla de composición de alimentos del INCAP.

Del análisis comparativo entre el pan tipo francés de harina compuesta y el pan reportado por el INCAP podemos destacar:

- a) De acuerdo con los datos reportados por el INCAP se tiene que la formulación de pan francés a partir de harina compuesta contiene 1% más de proteínas que el pan que se comercializa a nivel nacional en las panaderías artesanales.
- b) Los valores de grasa en el pan tipo francés de harina compuesta fue cinco veces más que el pan comercializado en las panaderías artesanales a nivel nacional.
- c) Con respecto a los carbohidratos contenidos en el pan tipo francés fueron menores en 2% si se comparan a los reportados por el INCAP.
- d) El valor reportado de calcio en el pan tipo francés de trigo, ojushte y plátano es el doble del de los panes a nivel nacional por lo que puede ser considerado una buena fuente del mineral.

- e) El valor diario recomendado de hierro para el pan francés de harina compuesta es de 2% lo cual es tres veces menor que el valor reportado por el INCAP que es de 6%.
- f) Valores de magnesio y sodio no pueden ser comparados con las tablas del INCAP ya que no se reportan datos para el pan francés artesanal.
- g) El valor energético del pan francés de harina compuesta es mayor al declarado por el INCAP, esto debido a que posee una mayor cantidad de grasa; pero debe hacerse notar que la diferencia no es tan significativa y que al mismo tiempo se tienen valores menores a los reportados para Honduras y Nicaragua los cuales declaran 107 kcal y 108 kcal respectivamente.

De manera general se puede observar que el pan tipo francés de harina compuesta comparado con el reportado por el INCAP tiene un mayor contenido nutricional de proteína, calcio y valor energético, mientras que para el magnesio, a pesar de no reportarse valores en las tablas del INCAP con los cuales compararlo, se tiene un elevado contenido, además de la notable baja presencia de carbohidratos, hierro y el mayor porcentaje de grasa con respecto al producto comercial, en los últimos dos casos, estos resultados no son deseables, por lo tanto, las posibles soluciones serían la reducción de grasa en la producción de pan tipo francés y la fortificación de hierro en la harina compuesta. Con base en la información nutricional obtenida a partir de cálculos y tablas, se presenta una propuesta de etiqueta nutricional para el pan tipo francés de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano. En la Figura 5.18 se muestra la propuesta de etiqueta nutricional. El Anexo 12 muestra un ejemplo de los cálculos.

NutritionFacts/Datos Nutricionales	
ServingSize/ Tamaño de Porción: 30g	
Servings Per Container/ Raciones Por Envase. 4	
Calories/ Calorías 105.25 kcal	
Cal Fat/ Calorías Grasa	
*PercentDailyValue are based on a 2,000 Kilocalorie diet. /*Porcentaje diario basado en una dieta de 2000 Kilocalorías	
Amount Per Serving/ Cantidad por Ración	
	% Daily Value*/ % Valor Diario *
Total Fat/ Grasa Total 3.25g	5
Sodium/ Sodio 0g	
Total Carbohydrate/ Carbohidratos Totales 15g	5
Dietary Fiber/ Fibra Dietética 0g	0
Protein/ Proteína 4g	
Calcium/Calcio	2
Iron/Hierro	2
Magnesium/ Magnesio	6

Figura 5.18. Etiqueta nutricional para pan francés de harina compuesta
Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Galletas tipo margarita de trigo, ojushte y plátano

Para efecto de establecer una comparación del contenido nutricional de las galletas de trigo, ojushte y plátano se tomará de referencia una porción de 25 g la cual se utiliza para las declaraciones nutricionales en las presentaciones comerciales. La comparación se realizará entre la galleta de harina compuesta y una galleta comercial tipo margarita, debido a que es la que presenta características similares con la galleta formulada. En la Tabla 5.40 se presenta el valor energético para galletas en kcal y en la Tabla 5.41 se muestran los Valores Diarios Recomendados (%VDR). Para ambos cálculos de la energía y del %VDR se tomó de referencia los valores dados en el RTCA 67.01.60:10.

Tabla 5.40. Valor energético para la galleta tipo margarita a partir de harina compuesta

Valor energético.		
Componente (g)	Cantidad en 25 g	Valor energético
Proteína	3	12
Grasa	3.25	29.25
Carbohidratos	15	60
Total		101.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.41. Contenido nutricional de galleta tipo margarita de ojushte, trigo y plátano por porción de 25 g y su % VDR

Componente	Valor detectado	Porción 25 g	% VDR	% VDR declarado (obtenido en redondeo por RTCA)	Peso absoluto declarado
Proteína (g)	11.5	2.875	5.75	6	3
Grasa (g)	13.24	3.31	5.092	5	3.25
Carbohidratos (g)	54.85	13.712	4.57	5	15
Calcio (ppm)	2980.92	74.523	9.315375	9	72
Hierro (ppm)	3.64	0.091	0.65	2	0.28
Magnesio (ppm)	254.03	6.35075	2.11691667	2	6
Fibra cruda (g)	0	0	0	0	0
Sodio (ppm)	9.6	0.24	0.014875	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.42, se muestra la comparación del contenido nutricional entre la galleta de marca comercial y la galleta formulada, para una porción de 25 g como se estableció anteriormente.

Tabla 5.42. Comparación entre galleta de marca comercial y galleta tipo margarita a partir de harina compuesta

Componente	Galleta comercial tipo margarita		Galleta de harina compuesta		Diferencia del %VDR de la galleta elaborada con harina compuesta con respecto a la galleta comercial
	Porción	%VDR	Porción	%VDR	
Proteína (g)	2	4	3	6	+2%
Grasa (g)	3	5	3.25	5	0%
Carbohidratos (g)	18	6	15	5	-1%
Calcio (mg)	0	0	72	9	+9%
Hierro (mg)	-	8	0.28	2	-6%
Magnesio (mg)	-	N/R*	6	2	N/R
Sodio (mg)	-	4	0	0	-4%
Valor energético (kcal)	102	5.1	101	5.0625	-0.04%

Fuente: Elaboración propia

* No recomendado

(-) En la etiqueta para las marcas comerciales solo se reportan los porcentajes diarios recomendados pero no se reportan los valores absolutos por porción

Realizando el análisis comparativo entre la galleta tipo margarita de harina compuesta y la galleta comercial se tiene:

- Como se ve en la Tabla 5.42 para la proteína se tiene un porcentaje 2% mayor que la galleta de marca comercial.
- En cuanto al aporte de grasa, la galleta formulada por cada porción reporta un % VDR de 5% lo cual es un 1% menor al valor de 6% de la marca comercial.
- La galleta de harina compuesta tiene un contenido de 1% más bajo en carbohidratos lo que corresponde a más de 5 g de carbohidratos menos que las galletas comerciales.
- La galleta posee un 9% más de calcio del %VDR dado por la FAO/OMS, además 3% más que lo reportado por la galleta comercial.
- El contenido de hierro presente en la galleta formulada es cuatro veces menor que el contenido en la galleta de marca comercial.
- El valor de sodio reportado es cero, debido a que el RTCA establece que debajo de 5 mg de sodio se declara que es cero, en tanto que galleta de marca comercial posee un valor por encima de 1%.

- g) El valor energético es ligeramente menor al de la galleta comercial, pero no es una reducción significativa.

De manera general se puede observar que la galleta tipo margarita de harina compuesta posee un mayor contenido nutricional de proteína y calcio, mientras que para el magnesio su porcentaje es elevado en la galleta de harina compuesta, además del menor porcentaje de carbohidratos y sodio en comparación con la galleta comercial, sin embargo, la galleta de harina compuesta, presenta menor contenido de hierro que la galleta comercial, lo cual podría ser solucionado mediante la fortificación de hierro en la harina compuesta.

Con base en los valores obtenidos, se elaboró la propuesta nutricional de la galleta de harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, la cual se muestra en la Figura 5.19.

Nutrition Facts/Datos Nutricionales	
Serving Size/ Tamaño de Porción: 25g	
Servings Per Container/ Raciones Por Envase.	
Calories/ Calorías 101.25 kcal	
Cal Fat/ Calorías Grasa	
*Percent Daily Value are based on a 2,000-Kilocalorie diet.	
*Porcentaje diario basado en una dieta de 2000 Kilo calorías	
Amount Per Serving/Cantidad por Ración	
	% Daily Value*/ % Valor Diario *
Total Fat/ Grasa Total 3.25g	5
Sodium/ Sodio 0g	
Total Carbohydrate/ Carbohidratos Totales 15g	5
Dietary Fiber/ Fibra Dietética 0g	0
Protein/ Proteína 3g	
Calcium/Calcio	9
Iron/Hierro	2
Magnesium/ Magnesio	2

Figura 5.19. Etiqueta nutricional para galleta a partir de harina compuesta

Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Estimación preliminar de pérdidas de componentes nutricionales durante el procesamiento

Se establece que debido a las operaciones de procesamiento se presentan ciertas pérdidas inevitables a causa de diversos factores tales como tratamientos térmicos y procesos de reducción de tamaño. Cabe mencionar que la mayor probabilidad de pérdidas de componentes nutricionales se da en la harina de plátano y de ojushte puesto que ambas son sometidas a temperaturas de secado más elevadas que la harina de trigo, por lo que se puede esperar que algunos componentes nutricionales sean compensados con ella.

La semilla de ojushte es rica en proteína, por lo tanto es importante conocer las pérdidas de esta durante todo el proceso, caso contrario al plátano; el cual no aporta proteína a los productos. A continuación se muestra el aporte de proteína del ojushte la cual varía ligeramente en el proceso de elaboración de pan tipo francés.

Las semillas frescas de ojushte poseen 11.98% de proteína cruda, las cuales después de ser sometidas a un proceso de secado presentaron 11.35% de la misma, observándose una disminución del 0.63% respecto a su valor inicial. Posteriormente la harina de ojushte obtenida fue mezclada junto a harina de trigo y harina de plátano. Se obtuvo que la proteína total en la harina compuesta fue de 12.83% de la cual el porcentaje de proteínas aportado por el ojushte fue de 17.1%, en tanto que el trigo aportó 82.9%, esto calculado con base en un 11% aproximado de proteína en la harina de trigo. Para el caso de la harina para galletas el porcentaje de proteína total fue de 11.49%.

Para el pan tipo francés el porcentaje de proteína fue de 14.07% incrementándose en un 1.24% respecto al valor de la harina para pan francés, posiblemente por la adición de huevo a la formulación en tanto que la galleta presentó un porcentaje de 11.50% el cual fue aproximadamente similar al contenido proteico de la harina para galletas.

Respecto al contenido de calcio este fue aumentando sustancialmente al reportarse una concentración de 1,494 ppm en las semillas de ojushte, y de 2,980.92 ppm en las galletas tipo margarita y de 444.27 para el pan tipo francés. El incremento de calcio en las galletas fue debido a la adición de harina de trigo la cual aporta 503 ppm a la harina compuesta, además del calcio

presente en huevos (500 ppm) y margarina (300 ppm), en tanto que para el pan tipo francés la concentración de calcio fue menor al presentar únicamente 444.27 ppm debido a que las cantidades adicionadas tanto de huevo como de margarina fueron menores comparada con la galleta.

Para el caso del hierro, en las semillas de ojushte su concentración fue de 1.16 ppm y se estima que la harina de trigo aporta 38 ppm, obteniéndose de análisis de laboratorio para los productos finales concentraciones de hierro de 254.03 ppm para la galleta tipo margarita y 606.18 ppm para pan tipo francés. La diferencia entre las cantidades de hierro presentes en la galleta tipo margarita y el pan tipo francés puede radicar en el tipo de trigo que se emplea para la obtención de harinas de trigo fuerte y suave, al contener más minerales la harina de trigo fuerte.

En cuanto al magnesio, las semillas de ojushte poseen 1111.11 ppm, de las cuales estas representan el 11.46% del magnesio presente en la harina para pan francés, en tanto que la harina de trigo, la cual contiene 1690 ppm, proporciona el 85.96% y el plátano el 2.58%, mientras que para los productos de panificación, pan francés y galletas el porcentaje de magnesio total es de 254.03 ppm y 606.18 ppm respectivamente, el magnesio estimado es proporcionado casi en su totalidad por la harina compuesta, dado que los demás ingredientes poseen un aporte de magnesio despreciable.

5.5. Empaque para productos de panificación

Los tipos de empaques utilizados para productos de panadería necesitan cumplir condiciones adversas, deben proteger los productos transportados desde el despacho hasta su consumo, enfrentar problemas como humedad, presión externa, cambios de temperatura, etc., esto con el fin de no afectar la vida útil del producto y además cumplir con las regulaciones gubernamentales del cuidado de los alimentos.

Como empaque primario, se recomienda el uso de polietileno de baja densidad (LDPE), para un pan francés que tenga las siguientes características:

- a) Humedad intermedia
- b) Actividad de agua alta

El LDPE presenta gran cantidad de ventajas puesto que tiene excelente flexibilidad, buena barrera al vapor de agua, además es admitido por la Agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA) para fabricación de envase y empaques en contacto con alimentos. En cuanto al empaque secundario se propone el uso de cajas de cartón corrugado, el cual presenta ventaja por su bajo costo, amplia superficie y facilidad en el sellado de cajas.

Se recomienda como empaque primario para galletas el uso de bolsas de polipropileno (PP) u OPP aluminizado, también bandejas de policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP) y poliestireno (PS), ya que estos materiales son adecuados para las siguientes características presentes en la galleta:

- a) Baja Humedad
- b) Alto contenido de azúcares
- c) Grasa intermedia

Para empaque secundario se pueden emplear papel con poliestireno (PE), cajas de cartón recubiertas de poliestirenos (PS) y bolsas de OPP aluminizado (Bueso, F., 2014)

5.6. Costos de producción de pan tipo francés y galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano a escala de laboratorio

Se realizó una estimación preliminar de los costos para la obtención de harinas de ojushte y plátano para la elaboración de pan tipo francés y galletas tipo margarita, con el fin de tener un parámetro acerca del costo estimado de producción a nivel de laboratorio. Cabe mencionar que en estos costos solo se incluye la materia prima y servicios (agua y energía eléctrica), otras operaciones propias de los procesos productivos industriales como costos de mano de obra, tiempos perdidos, mantenimiento de maquinaria, transporte de materia prima y producto, entre otros, no están contempladas en este apartado.

5.6.1. Obtención de harina de ojushte

Para el cálculo de costos de la harina de ojushte, se muestra el rendimiento de la semilla de ojushte, partiendo de semilla de ojushte seca que se obtiene a partir de semilla de ojushte fresca, después de 10.5 h de secado en el deshidratador.

2947.45 g de semilla de ojushte fresca sin cascarilla → 791.6 g de semilla de ojushte seca

Las pérdidas obtenidas fueron debido a que las semillas poseen un contenido de humedad elevado debido a que este tipo de semillas al ser una drupa globosa con pericarpio carnoso comestible.

Por lo que el rendimiento para la obtención de semilla de ojushte seca es:

$$\frac{791.6 \text{ g de semilla de ojushte seca}}{2947.45 \text{ g de semilla de ojushte fresca}} = \frac{0.2685 \text{ g de semilla de ojushte seca}}{\text{g de semilla de ojushte fresca}}$$

La harina de ojushte se obtiene a partir de ojushte seco, después de 1.5 h de molienda.

791.6 g de ojushte seco → 549.6 g de harina de ojushte

$$\frac{549.6 \text{ g de harina de ojushte}}{791.6 \text{ g de ojushte seco}} = \frac{0.6942 \text{ g de harina de ojushte}}{\text{g de ojushte seco}}$$

Por lo que se tiene una relación de gramos de harina de ojushte por gramos de semilla de ojushte fresca de:

$$\frac{549.6 \text{ g harina de ojushte}}{2947.45 \text{ g de semilla de ojushte fresca}} = \frac{0.1864 \text{ g harina de ojushte}}{\text{g de semilla de ojushte fresca}}$$

Determinando que se obtienen 0.1864 g de harina de ojushte por g de semilla de ojushte fresca.

Los equipos que se utilizaron para obtención de harina de ojushte y su costo por lote de producción de harina (aproximadamente 549.6 g de harina de ojushte) son los siguientes:

Consumo energético de los equipos

a) Costo de energía eléctrica en San Salvador

El pliego tarifario definido a partir del 31 de julio de 2015 para el área metropolitana el cargo de energía (kW/h) es de \$0.135923 (AES El Salvador, 2015).

b) Uso deshidratador Excalibur de 9 bandejas

Potencia del deshidratador: 0.6 kW

Tiempo de empleo: 10.5 horas

c) Reducción de tamaño en molino de cuchillas

Potencia del molino: 0.7457 kW.

Tiempo de empleo 1.5 horas

Consumo de agua

a) Lavado y desinfectado

Volumen de agua consumido aproximadamente en un lote de 2947.45 g de semillas frescas: 0.03 m³

En la Tabla 5.43, se muestra el resumen de los costos para la obtención de la harina de ojushte los cuales abarcan las operaciones básicas explicadas anteriormente para la producción de artesanal:

Tabla 5.43. Resumen de costos para obtención de harina de ojushte

Materia prima	Ojushte
Costo de 6.5 libras de semilla de ojushte fresca (\$)	1.62
Costo de agua por metro cúbico (\$)	0.213
Costo energía eléctrica para secado (\$)	2.37865
Costo energía para molienda (\$)	0.2734
Costo Total	4.487

Fuente: Elaboración propia

Sabiendo que una libra es equivalente a 453.59 g, por lo que el costo para obtener una libra de harina de ojushte es:

$$\frac{\$4.487}{549.6 \text{ g harina de ojushte}} * 453.59 \text{ g} = \$ 3.70$$

Por lo descrito anteriormente se tiene que de aproximadamente 6.5 lb de ojushte fresco se obtienen 1.2 libras de harina de ojushte, y su costo unitario es de \$3.70.

5.6.2. Obtención de harina de plátano

La harina de plátano se obtiene a partir de plátano fresco, la materia prima se sometió a procesamiento térmico durante 4 h y los costos para estas operaciones se presentan a continuación:

1952.0 g de plátano fresco con cáscara \longrightarrow 1139 g de plátano fresco sin cáscara

Por lo que el rendimiento para la obtención de plátano fresco sin cascara es:

$$\frac{1139 \text{ g plátano sin cáscara}}{1952 \text{ g plátano con cáscara}} = \frac{0.5835 \text{ g plátano sin cáscara}}{\text{g plátano con cáscara}}$$

El plátano seco se obtiene a partir de plátano sin cáscara, después de 4 h de secado.

1139 g de plátano sin cáscara \longrightarrow 386.4 g de plátano seco

Por lo que el rendimiento para la obtención de plátano seco es:

$$\frac{386.4 \text{ g plátano seco}}{1139 \text{ g plátano fresco sin cáscara}} = \frac{0.3392 \text{ g plátano seco}}{\text{g plátano cáscara}}$$

La cantidad de harina de plátano obtenida a partir de plátano seco después de la molienda es:

386.4 g de plátano seco \longrightarrow 384.8 g de harina de plátano

$$\frac{384.8 \text{ g harina de plátano}}{386.4 \text{ g plátano seco}} = \frac{0.9958 \text{ g harina plátano}}{\text{g plátano seco}}$$

Por lo que se tiene una relación de gramos de harina de plátano por gramos de plátano fresco de:

$$\frac{384.8 \text{ g harina de plátano}}{1952 \text{ g plátano fresco}} = \frac{0.1971 \text{ g harina plátano}}{\text{g plátano fresco}}$$

Determinando que se tienen 0.1971 g de harina de plátano/ g de plátano fresco

Los equipos que se utilizaron para obtención de harina de ojushte y su costo por lote de producción de harina (aproximadamente 0.84 lb) son los siguientes:

Datos de consumo energético de los equipos.

a) Costo de energía eléctrica en San Salvador.

El pliego tarifario definido a partir del 31 de julio de 2015 para el área metropolitana con media tensión de potencia con cargo de energía (kW/h) es de \$0.135923 (AES El Salvador, 2015).

- b) Uso de Deshidratador Excalibur:
Potencia de deshidratador: 0.6 kW
Tiempo de empleo: 4 horas
- c) Uso de molino de cuchillas
Potencia del molino: 0.7457 kW
Tiempo de empleo: 0.5 horas

Consumo de agua.

- a) Lavado y desinfectado
0.05 m³

En la Tabla 5.44, se muestra el resumen de los costos para la obtención de la harina de plátano.

Tabla 5.44. Resumen de costos para obtención de harina de plátano

Materia prima	Plátano
Costo de 8 unidades de plátano fresco (\$)	0.80
Costo de agua por metro cúbico (\$)	0.288
Costo energía eléctrica para secado(\$)	0.90615
Costo energía para molienda(\$)	0.09114
Costo total (\$)	2.08

Fuente: Elaboración propia

Sabiendo que una libra es equivalente a 453.59 g, por lo que el costo para obtener una libra de harina de plátano es:

$$\frac{\$ 2.08}{384.8 \text{ g harina de plátano}} * 453.59 \text{ g} = \$2.45$$

Del análisis anterior se observa que se obtiene 0.84 lb de harina de plátano a partir de 4.2 lb de plátano fresco, y el costo de producción para una libra de harina de plátano es de aproximadamente \$2.45.

5.6.3. Producción de pan tipo francés y galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano a escala de laboratorio

Al igual que se realizó una estimación de costos para las harinas, se llevó a cabo el análisis de los costos de materias primas para la formulación de pan francés y galletas. La estimación solo fue realizada tomando en cuenta materias primas y costo de servicios, omitiendo mano de obra, mantenimiento de maquinaria, transporte de materias primas y productos, entre otros. En la Tabla 5.45 y 5.46 respectivamente se muestran los costos para las materias primas calculados a partir de 1 lb de harina compuesta.

Tabla 5.45. Costo de materias primas para producción de pan tipo francés a partir de harina compuesta a escala de laboratorio

Pan francés.			
Materia prima	Cantidad (g)	Proveedor	Precio (\$)
Harina de trigo	340.5	Comercial el roble	0.261
Huevos	37.5	Comercial el roble	0.11
Manteca	14	Comercial el roble	0.035
Margarina	14	Comercial el roble	0.024
Levadura	6.6	Comercial el roble	0.066
Sal	6	Comercial el roble	0.02
Azúcar	11	Comercial el roble	0.0056
Agua	120	Comercial el roble	0.10
TOTAL			0.6217

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.46. Costo de materias primas para producción de galleta tipo margarita a partir de harina compuesta

Galletas			
Materia prima	Cantidad (g)	Proveedor	Precio (\$)
Harina de trigo	340.5	Comercial el roble	0.2497
Margarina	113.5	Comercial el roble	0.2
Polvo de hornear	10	Comercial el roble	0.0573
Huevos	75	Comercial el roble	0.22
Vainilla	21.2	Comercial el roble	0.224
Sal	1.4	Comercial el roble	0.01
Azúcar	100	Comercial el roble	0.1035
TOTAL			1.0645

Fuente: Elaboración propia

El costo para cada una de las etapas en la elaboración de los productos son los siguientes:

Costos de amasado

Para producción de pan tipo francés

Para producción de pan francés el amasado se llevó a cabo en una amasadora Kitchen Aid durante 0.25 horas. En la Tabla 5.47 se resumen los costos de amasado. A continuación se presentan el resumen del pliego tarifario de energía eléctrica y especificaciones de equipo:

- a) Costo de energía eléctrica en San Salvador.

El pliego tarifario definido a partir del 31 de julio de 2015 para el área metropolitana con media tensión de potencia con cargo de energía (kW/h) es de \$0.135923 (AES El Salvador, 2015).

- b) Uso de amasadora semi industrial:

Potencia de la amasadora semi industrial: 0.300 kW.

Tiempo de empleo 0.25 horas

Tabla 5.47. Costo de amasado para producción de pan tipo francés. A partir de harina compuesta

Materia	Peso masa para pan francés (g)	Costo energía para amasado (\$)
Masa de harina para pan	790.9	0.113272

Fuente: Elaboración propia

Para producción de galleta tipo margarita

Con respecto a las galletas el costo energético de los equipos para su producción, se muestran en la Tabla 5.48.

- a) Costo de energía eléctrica en San Salvador.

El pliego tarifario definido a partir del 31 de julio de 2015 para el área metropolitana con media tensión de potencia con cargo de energía (kW/h) es de \$0.135923 (AES El Salvador, 2015).

- b) Uso de amasadora semi industrial:

Potencia de amasadora industrial 0.300 W

Tiempo de empleo 0.30 horas

Tabla 5.48. Costo de amasado para producción de galletas a partir de harina compuesta

Materia	Peso masa para pan francés (g)	Costo energía para amasado(\$)	Costo Total (\$)
Masa de harina para pan	800.2	0.135923	0.135923

Fuente: Elaboración propia

Costos de horneado para pan tipo francés y galleta tipo margarita de trigo, ojushte y plátano a escala de laboratorio

Debido a que la cuantificación de consumo de gas propano para pequeñas producciones de pan y/o galletas es difícil de estimar, se utilizará un aproximado de consumo de gas de 0.00002 m^3 , para 20 y 30 minutos de horneado. Tomando la densidad del propano como 1087.07 lb/m^3 se deduce un consumo de 108.707 lb y puesto que el pliego tarifario es de \$6.74 se obtiene un costo de horneado de \$0.2197 para pan francés y \$0.1465 para galletas.

Después del cálculo de cada una de las etapas y materias primas empleadas, se puede obtener el costo total, en la Tabla 5.49.

Tabla 5.49. Resumen de costos totales para la elaboración de pan tipo francés y galleta tipo margarita a partir de harina compuesta

Costos	Pan francés	Galleta
Materias primas	0.6217	1.0645
Costo de harina de ojushte y harina de plátano.	0.80	0.80
Amasado	0.1133	0.1359
Horneado	0.2197	0.1465
Total (\$)	1.75	2.14

Fuente: Elaboración propia

De la formulación 3 de pan francés se obtienen 23 panes, por lo que se obtiene un costo unitario de pan de \$0.08 centavos, con respecto a las galletas se obtienen 39 unidades de la misma formulación, obteniendo un costo unitario a escala de laboratorio de \$0.054 centavos.

OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

OBSERVACIONES

- a) Con el fin de uniformizar la materia prima las semillas de ojushte y los plátanos empleados para la obtención de harina, fueron de tamaños y grosores similares, determinando estos parámetros con un pie de Rey.
- b) Para la molienda de las semillas de ojushte secas, el procedimiento fue realizado varias veces; esto con la finalidad de obtener una harina más fina y homogénea. Debido a las características físicas de las semillas de ojushte es complejo realizar una molienda fina en un molino de cuchillas y por lo tanto se hizo necesario repetir el proceso tres veces.
- c) Las pruebas preliminares de pan tipo francés y galletas tipo margarita presentaron deficiencias en cuanto a la apariencia y aroma, por lo que las formulaciones y los procedimientos aplicados a los productos elaborados fueron modificados hasta obtener resultados preliminares aceptables.
- d) El Salvador tiene poca información bibliográfica sobre las zonas y extensiones en las que se encuentra la semilla de ojushte, siendo las más importantes Plan de Amayo, en el municipio de Caluco y San Isidro en el municipio de Izalco, ambas en el departamento de Sonsonate.

CONCLUSIONES

- a) Se determinó que la humedad de 0% se obtiene, a una temperatura de 155 °C por un tiempo de 10.5 h para las semillas de ojushte, y 135 °C con un tiempo de 4 h para el plátano. A pesar que se establecieron temperaturas altas para el secado, de acuerdo con el análisis proximal realizado, el porcentaje de componentes nutricionales que se pierde es bajo.

- b) Los productos de panificación aceptados por tener características organolépticas más agradables fueron los elaborados con la formulación 3 (75% de trigo, 15% de ojushte y 10% de plátano). Por lo anterior se concluye que el sabor amargo del ojushte fue enmascarado por el plátano, dado que la formulación aceptada contenía una mayor sustitución de este, además en una harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, la cantidad de trigo no puede ser sustituida más allá del 75% porque se afectan las propiedades panificables.

- c) El grado de fluidez de la harina para pan tipo francés es bajo, puesto que su puntaje en los Índices de Carr es de 57; sin embargo, presenta mayor fluidez que las harinas convencionales. La harina para galleta tipo margarita posee una fluidez aceptable al presentar un puntaje de 65 esta tendría menos problemas de atascos en los sistemas de transporte utilizados en los procesos productivos de las industrias de alimentos.

- d) De acuerdo con el RTCA 67.01.15:07 *Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones* para la verificación de la calidad se evaluaron parámetros fisicoquímicos. Para la harina compuesta para pan tipo francés el valor de acidez en grasa obtenidos fue de 45.56 mg de KOH por 100 g de grasa y para la harina compuesta para galleta tipo margarita fue de 27.16 mg de KOH por 100 g de grasa, por lo que se encuentra dentro del límite máximo permitido el cual es de 50 mg de KOH por 100 g de grasa, así mismo cumplen el límite máximo de humedad permitido de 15.5%, al obtener valores de 11.75% para la harina compuesta para pan tipo francés y de 11.04% para la harina compuesta para galleta tipo margarita, en cuanto a ceniza el RTCA *Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones* establece que el límite máximo es de 1%, sin embargo ambas harinas exceden este valor al poseer 1.62% la harina para pan tipo francés y un valor de 1.78% para

la harina compuesta para galleta tipo margarita; sin embargo, este exceso de cenizas puede atribuirse al alto porcentaje de minerales presentes de forma natural en los componentes de la harina compuesta.

- e) De acuerdo con la NSO 67.30.01:04 *Productos de Panadería Clasificación y especificaciones del pan dulce* para productos de panificación se realizaron los análisis fisicoquímicos los cuales son indicadores de la calidad del producto final. Los valores obtenidos de humedad fueron de 21.81% para el pan tipo francés y de 19.28% para la galleta tipo margarita, los cuales están debajo de lo permitido cuyo límite máximo es 30%. Para el caso de la acidez los valores reportados son de 0.1928% para el pan tipo francés y de 0.1929% para la galleta tipo margarita siendo el máximo permitido de 0.2% en tanto que para los valores de cloruro de sodio son de 1.19% para el pan tipo francés y de 0.96% para la galleta tipo margarita siendo el máximo permitido de 1.5%.

- f) Se realizaron los análisis microbiológicos establecidos por el RTCA 67.01.15:07 *Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones* los cuales dieron como resultado un valor de 290 UFC/g para mohos y levaduras en la harina para pan tipo francés y de 330 UFC/g en la harina para galleta, siendo el límite máximo permitido de 1000 UFC/g por lo cual el proceso de elaboración, empaquetado y almacenamiento fue adecuado.

- g) Para los productos de panadería el análisis microbiológico se hizo de acuerdo con la normativa NSO 67.30.01:04 *Productos de Panadería Clasificación y especificaciones del pan dulce*, obteniéndose un resultado para coliformes totales de menos de 10 UFC/g para pan tipo francés, siendo el máximo permitido 100 UFC/g, en la galleta tipo margarita los coliformes fecales y *E. coli* cumplen con la normativa puesto que se reporta ausencia, así mismo para el pan tipo francés el recuento de *E. coli* fue ausencia, mientras que el recuento de hongos y levaduras fue de 10 UFC/g para el pan tipo francés y menor de 10 UFC/g para galletas siendo el límite 50 UFC/g, para el caso del recuento total de aerobios fue de 9,600 UFC/g para el pan tipo francés y de 10 UFC/g para la galleta tipo margarita siendo el máximo permitido de 10,000 UFC/g, en tanto que el recuento de *Salmonella spp* fue ausencia para ambos productos.

- h) De acuerdo al valor diario recomendado para una porción de 30 g se tiene que el pan tipo francés posee 8% de proteína, 5% en grasa y carbohidratos, 2% de calcio y hierro, 6% de magnesio y ausencia de fibra cruda y sodio en tanto que para la galleta tipo margarita en una porción de 25 g se tiene 6% de proteína, 5% de grasa y carbohidratos, 9% de calcio y 2% de hierro y magnesio y ausencia de fibra cruda y sodio. El valor energético para pan tipo francés fue de 103.3 kcal y de 101 kcal para la galleta tipo margarita. Estos productos al ser elaborados a partir la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, de manera natural y sin aditivos pueden llegar a ser consumidos por personas con intolerancia a la lactosa, puesto que no pueden ingerir calcio de la leche y niños en época de crecimiento, ya que son una parte de la población que necesita mayor contribución energética y aporte de proteínas y calcio para formación de músculos y huesos.
- i) Comparando la galleta comercial y la galleta de harina compuesta, se puede concluir que la última, a pesar de tener un 6% menos de hierro que la galleta comercial, es un producto que puede ser consumido por todo tipo de público, ya que posee un VDR de proteína 2% mayor que la galleta comercial y la misma cantidad de grasa. En cuanto al calcio se tiene 9% más en la galleta tipo margarita y para carbohidratos un 1% menos que la galleta comercial, para el caso del sodio el cual es contraindicado para personas hipertensas, se tiene que la galleta tipo margarita posee 4% menos que la galleta comercial.

RECOMENDACIONES

- a) Dado que no se han llevado a cabo estudios sobre aspectos toxicológicos asociados a los productos alimenticios derivados de la semilla de ojushte, se recomienda hacer una investigación al respecto que permita conocer el comportamiento del ojushte y los cambios que pueda sufrir.
- b) Respecto al proceso de cosecha, se recomienda mejorar la recolección de semillas, dado que en la actualidad estas son recolectadas directamente del suelo; debido a que cuando la semilla ha madurado cae naturalmente, por lo que disponer de un sistema de recolección de semillas más higiénico, permitiría reducir la contaminación que estas tengan con el suelo y los alrededores, favoreciendo la disminución de la carga microbiana en la obtención de harina de ojushte.
- c) Para el proceso de secado, tanto de semillas de ojushte como de plátano, se recomienda emplear un deshidratador en el que la velocidad de flujo de aire pueda ser controlado, de modo que las operaciones de secado puedan contar con dos variables para su desarrollo adecuado (temperatura y velocidad de flujo de aire).
- d) El proceso de molienda debería ser realizado en equipos especializados para la obtención de harinas alimenticias, puesto que se reducirían sustancialmente el tiempo de molienda; además de obtener una harina con mejores características granulométricas.
- e) El desarrollo y capacitación de panelistas para la evaluación sensorial, favorecería la obtención de resultados más confiables en la evaluación de aceptabilidad, al reducirse los errores provenientes de ellos o del desconocimiento de la metodología que este tipo de procesos requieren.

- f) Debido al bajo contenido de hierro se recomienda la fortificación en la harina compuesta de trigo, ojushte y plátano, con la finalidad de mejorar la calidad nutricional de los productos de panadería elaborados con este tipo de harina.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC44-15A International (2012). American Association of Cereal Chemists. *Determinación del contenido de humedad*. Recuperado el 20 de agosto de 2015 de: http://www.aoac.org/imis15_prod/AOAC_Member/ANews/New/Arc.aspx
- AES El Salvador. (Julio de 2015). Recuperado de Asociación Enérgica de El Salvador: <http://www.aeselsalvador.com/2009/Portals/0/SitioAES/Tarifas/AvisoCAESS.jpg>. San Salvador, El Salvador.
- Agape/ MARN. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de: <http://www.agape.com.sv/attachments/article/100/Ojushte1.pdf>
- AOAC. (2012). *Determinación del contenido de ceniza*. Recuperado el 20 de agosto de: http://www.aoac.org/imis15_prod/AOAC_Member/ANews/New/Arc.aspx
- ASTM D-6393. Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices. American Standar for Testing Method. USA.
- Ballat, M. (Junio de 2014). *Desarrollo de un producto de panificación mediante harina compuesta de trigo, mandioca y soja*. Universidad de Navarra. Recuperado de: http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/13723/Marcos_Ballat%20TyC%20-IAA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BCR. (2015). *Base de datos económica financiera*. Banco Central de Reserva. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de: <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=30&lang=es>. San Salvador, El Salvador.
- Berríos, I. M. (30 de junio de 2015). *Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (Brosimum alicastrum Swartz)*. En J. R. Fidel Ángel Parada Berríos (Ed.). San Salvador, El Salvador. Recuperado el 15 de junio de 2015, de: www.mayanutinstitute.org/?wpdmdl=1116
- Bueso, F. (6 de Septiembre de 2014). *Empaques de alimentos*. Universidad Zamorano. Tegucigalpa, Honduras
- Burns, R. M. (1998). *Árboles Útiles de la Parte Tropical de América del Norte*. North American Forestry Commission, Publication Number 3. Washington DC, EE-UU.

- Calderón, L. A. Cargo: Investigadora III, Parque Tecnológico Agropecuario. PTA. (22 de Enero de 2015). *Harinas compuestas*. (I. Alvarado, M. Miranda, & G. Rosales, Entrevistadores)
- Carr, R.L. (1965). “*Evaluating Flow Properties of Solids*”, Chem Eng. January 18. Págs 163-168.
- Castellano, X. R., & Peraza, J. M. (2011). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, *CATIE*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado el 14 de mayo de 2015, de:
http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Castellano_et_al_Guia_Tecnica.pdf
- Centro Culinario Ambrosía. Introducción a la Panadería. (s.f.). Recuperado el 19 de Abril de 2015, de: <https://es.scribd.com/doc/52964649/Introduccion-a-la-Panaderia>
- CENTA. (2002). *Cultivo de Plátano*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.. Recuperado el 10 de Enero de 2015 de: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Platano.pdf>. Santa Ana, El Salvador
- CENTA. (2011). *Familias de la Libertad conocen bondades de Ojushte*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de: http://www.centa.gob.sv/index.php?option=com_. Santa Ana, El Salvador.
- Charley, H. (2012). Tecnología de alimentos. En H. Charley, *Tecnología de alimentos* (págs. 235-282). México: Limusa.
- CONACYT. (s.f.). *Norma Salvadoreña Obligatoria. Azúcares. Especificaciones NSO 67.20.01:03*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado el 17 de junio de 2015, de: http://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/AZUCAR/AZUCARES_ESPECIFICACIONES.pdf. San Salvador, El Salvador.
- CONACYT. (2004). *Norma Salvadoreña Obligatoria 67.30.01:04: Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado el 17 de abril de 2015, de: <http://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/PANADERIA/PRODU>

CTOS%20DE%20PANADERIA.%20CLASIFICACION%20Y%20ESPECIFICACIONES%20DEL.pdf. San Salvador, El Salvador.

- Cordero, J.; B. D. (2003). *Arboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Nueva York: Bib. Orton IICA/ CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Cortez D., C. D. (septiembre de 2008). *Propuesta de un modelo de empresa elaboradora de productos derivados del Ojushte*. Recuperado el 3 de julio de 2015, de: http://ri.ues.edu.sv/1909/1/Propuesta_de_un_modelo_de_empresa_elaboradora_de_productos_derivados_del_Ojushte.pdf
- Credeblg SL. (2010). *BLUG*. Tabla de densidades. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, http://puertodemamonal.com/cms/wp-content/uploads/2012/12/Tabla_de_densidades.pdf
- DIGESTYC. (2005). *VII Censos Económicos 2005. Documento de Gobierno*. Dirección General de Estadísticas y censos. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de: <http://www.censos.gob.sv/resultados.html>. San Salvador, El Salvador.
- FAO. (1993). *La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha*. Food and Agriculture Organization. Recuperado el 25 de agosto de 2015, de <http://www.fao.org/documents/en/?sel=IGF0dHJfdHNfdGI0bGVJbmZvX3RpdGxloijMYSBpbmdblmlcsOtYSBlbiBlbCBkZXNhcjVbGxvIC0gTWFuZWpvIHkgdHJhdGFtaWVudG8gZGUgZ3Jhbm9zIHVvc2Nvc2VjaGEqIiA%3D>. Roma, Italia.
- FAO. (1995). *El sorgo y el mijo en la nutrición humana*. Food and Agriculture Organization. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de: <http://www.fao.org/docrep/t0818s/t0818s00.htm>. Roma, Italia.
- FAO. (1996). *Manual de prácticas de manejo poscosecha de los productos hortifrutícolas a pequeña escala*. Food and Agriculture Organization. Recuperado el 28 de abril de 2015, de: <http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s0a.html>. Iztapalapa, México.

- FAO. (2013). *Año de la Quinoa*. Food and Agriculture Organization. Recuperado de: www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/en/. Santiago, Chile.
- FIAES. (2015). *Buscan extender programa para la conservación del Ojushte en el país*. Fondo de la Iniciativa para las Américas. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de: <http://www.fiaes.org.sv/main.php?lng=0&id=187&s=14>. San Salvador, El Salvador.
- FUNDESYRAM. (2013). *Arbol de ojushte*. Fundación para el Desarrollo Socio Económico y Restauracion Ambiental. Recuperado de <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=2368>. San Salvador, El Salvador.
- Geankopolis, C. J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias. México. Editorial CECSA. Páginas: 425-431.
- González, A. (2015). Desarrollo de un producto de panificación a partir de una harina compuesta de trigo, garbanzo y brócoli. *Biblioteca digital Universidad de San Buenaventura*. Recuperado de Biblioteca digital Universidad de San Buenaventura: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1107/1/Panificaci%C3%B3n_Trigo_Br%C3%B3coli_Gonz%C3%A1lez_2012.pdf
- Hernández, A. (2011). *Fácil de ingerir*. Recuperado de Fácil de ingerir: <http://facildedigerir.com/2011/04/harinas-refinadas-vs-harinas-integrales/>
- INCAP. (1996). *Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Recuperado el 30 de Julio de 2015, de: <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/PPNT006.pdf>. Guatemala, Guatemala.
- Infoagro. (2013). *El cultivo del plátano*. Información Técnica Agrícola. Recuperado el 15 de Abril de 2015, de http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano2.htm. Madrid, España.
- Interempresa. (2015). *Plátano, Musácea/Muceae*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Poscosecha-Platano.html>. San Salvador, El Salvador.

- Juárez, M . (2012). *Info CATIE El Salvador*. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de http://catie.ac.cr/attachments/article/486/infocatie_elsalv_ene2012.pdf
- León, A. & Rosell, C. (2007). *De tales harinas tales panes*. Córdoba: Báez Impresiones. Córdoba, Argentina.
- Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. (1986). *Studies on comparative malting characteristics of some tropical cereals and millets*. Journal of Institute of Brewing. Vol. 92. John Wiley & Sons, Inc. Páginas: 174-176
- McCabe, W. L. (1991). *Operaciones Unitarias en ingeniería química*. Editorial McGraw- Hill. Cuarta Edición. Páginas 321-327
- Milenium Seed Bank. (6 de Febrero de 2015). *Almacenamiento de semillas de Brosimum Alicastrum (Ojushte, Ramón, Capomo)*. Recuperado el 2015 de Abril de 12, de <https://tropicalbotany.wordpress.com/tag/breadnut/>
- MAG. (2011). *Caracterización de cadenas productivas de frutos perennes (marañón, aguacate y cítricos) en El Salvador, 2011*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador . Recuperado el 23 de marzo del 2015, de http://www.iica.int/Esp/regiones/central/salvador/Documents/Documentos%20PAF/caracterizacion_frutas_perennes.pdf. San Salvador, El Salvador.
- MAG. (2013). *Sistema de Inteligencia de Mercado. Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <http://www.simag.mag.gob.sv/home/graficos/3>. San Salvador, El Salvador.
- OSARTEC. (2012). *Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad*. Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica San Salvador, San Salvador, El Salvador.
- OSARTEC. (2007). *Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harina. Harina de trigo fortificada. Especificaciones*. Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. Recuperado el 13 de abril de 2015, de <http://usam.salud.gob>

.sv/archivos/pdf/alimentos/RTCA_de_Harina.pdf. San Salvador. El Salvador.

- Pacheco-Delahaye, E., & Testa, G. (5 de mayo de 2005). *Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano*. *Interciencia*, 30(0378-1884), Págs. 300-304. Recuperado el 13 de marzo de 2015, de:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910410>
- Pérez P., J. M. (2009). *Situación actual de las harinas de banano: Usos potenciales en la agroindustria nacional*. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprum", Producción Agropecuaria, Sur del Lago. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de:http://www2.unesur.edu.ve/investigacion/descargas/Rev_Vol2_No1/P.65-68.pdf
- Plaza, M., Oliveros, L., Rodriguez, A., Rosas, J. & Vargas, M. (Agosto de 2004). *Estudio de métodos al proceso de producción del pan francés en la panadería y pastelería*. Slidshare. Recuperado de Slidshare: <http://es.scribd.com/doc/135894824/Estudio-Ingenieria-Metodos-Pan#scribd>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (s.f.). *Manual de panadería*. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de:http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos_Digitales/600/640/38435.pdf
- Sanabria, C. (Agosto de 2014). *Harina de trigo mantiene sobre precios en el mercado*. Recuperado de <http://metapan.com.sv/noticias/2014/08/29/harinas-de-trigo-mantienen-sobre-precios-en-el-mercado-que-sobrepasa-los-15-millones-de-dolares.html>
- Santoyo Cuevas, E. & Quiroz Mercado, J. (2004). *Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México*. Documento de Gobierno del Estado de México. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/agricola/cebada/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_arch_cereales.pdf
- StatPoint Inc. (2006). *Diseño de Experimentos. Diseños de Mezclas*. StatPoint Inc. Recuperado el Abril de 2015, de www.statgraphics.com/
- The Equilibrium Fund. (2013). *Manual de buenas prácticas sobre la propagación, reforestación y aprovechamiento de Brosimum alicastrum MASICA*. Recuperado de www.forcuencashn.org/admin/documents/90

- Treuillé, E., & Ferrigno, U. (1999). El libro del pan. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de El libro del pan: <https://mayrasandy.files.wordpress.com/2012/09/treuille-eric-el-libro-del-pan1.pdf>
- Umaña, J. (2013). *Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten*. Universidad de Antioquía, Facultad de Química Farmacéutica, Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/230/223>
- Universidad Católica de Chile. (2008). *Los diseños de experimentos y la tecnología del hormigón*. Revista de la construcción , Págs 94-104.
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., & Elías, L. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Canada: International Development Research Centre. Recuperado el 22 de julio de 2015
- WFP. (2012). *Luchando contra el hambre en el mundo*. World Food Program. Recuperado el 24 de Marzo de 2015, de: http://es.wfp.org/sites/default/files/es/file/newsletter_nov-dic_2012.pdf. San Salvador, El Salvador.
- Zacarías Meléndez, M. d., & Cárcamo Velásquez, C. B. (2005). *Diseño de un programa de capacitación en las áreas de logística para mejorar la productividad en la pequeña y mediana empresa de la industria panificadora en el área Metropolitana de San Salvador*. Universidad José Matías Delgado. Recuperado el 24 de Marzo de 2015, de <http://www.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%2520VIRTUAL/TESIS/01/AEM/ADTESMD0001517.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Análisis sensorial: es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, así como de productos de la industria farmacéutica, cosméticos, etc, por medio de los sentidos. El análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aún cuando debe ser protegido por un nombre comercial los requisitos son mayores, ya que debe poseer las características que justifican su reputación como producto comercial

Esencia de vainilla: es un concentrado - que se utiliza para saborizar comidas y bebidas, obtenido de la vaina o chaucha de la vainilla (género de orquídeas que produce un fruto del cual se obtiene este saborizante, después de un sencillo proceso de maceración).

Partes por millón (ppm): es una unidad de medida con la que se mide la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia (agente, etc) que hay por cada millón de unidades del conjunto.

Pruebas de ordenamiento de estímulos: se usan para determinar la capacidad de un panelista de diferenciar pequeñas diferencias entre estímulos.

Secado: es un método de conservación de alimentos consistente en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. El agua suele eliminarse por evaporación (secado al aire, al sol, ahumado o al viento) pero, en el caso de la liofilización, los alimentos se congelan en primer lugar y luego se elimina el agua por sublimación.

ANEXOS

Anexo 1. Importaciones totales de trigo y derivados de trigo para el año 2011.

			2011	2011
PAIS	CODIGO ARANCELARIO		VALOR CIF US\$	KILOGRAMOS
Estados Unidos (U.S.A.)	11031100	-- De trigo	2,297.46	1,749.65
Estados Unidos (U.S.A.)	11032010	-- De trigo	1,881.06	253.61
Estados Unidos (U.S.A.)	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	0	0
México	11031100	-- De trigo	12,035.00	10,000.00
México	11032010	-- De trigo	226,940.01	233,061.20
Guatemala	11031100	-- De trigo	3,568.98	9,619.00
Guatemala	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	69,352.21	40,400.00
Honduras	11032010	-- De trigo	55.63	272.16
Costa Rica	11031100	-- De trigo	0	0
Costa Rica	11032010	-- De trigo	652.35	693.73
Costa Rica	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	0	0
Colombia	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	21,013.10	12,625.00
Alemania	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	44,346.36	20,250.81
Francia	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	32,133.05	20,152.00
Italia	11032010	-- De trigo	0	0
Holanda	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	34,882.03	20,162.00
Polonia	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	137,596.08	80,800.00
República Popular de China	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	90,035.28	64,512.00
Singapur	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	0	0
Lituania	11090000	GLUTEN DE TRIGO, INCLUSO SECO	0	0
Totales			676,788.60	540,560.15

Anexo 2. Formulario de análisis sensorial cualitativo y cuantitativo.

Análisis cualitativo

EDAD: _____

SEXO: _____

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____

HORA: _____

Frente a usted hay tres muestras que usted debe puntuar de acuerdo al grado de aceptación. Cada muestra debe llevar un puntaje diferente, dos muestras no deben tener el mismo puntaje.

1: Me gusta más

2: No me gusta ni me disgusta

3: Me gusta menos

Atributo	Orden de las muestras	Puntaje	Comentarios
Color	36		
	27		
	64		
Olor	36		
	27		
	64		
Textura	36		
	27		
	64		
Sabor	36		
	27		
	64		
Aroma	37		
	27		
	64		

GRACIAS

Análisis cuantitativo

EDAD: _____

SEXO: _____

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____

HORA: _____

A continuación se le presentan 3 muestras, ocupe un puntaje del 1 al 9 para calificar cada muestra.

Me gusta muchísimo	Me gusta mucho	Me gusta moderadam ente	Me gusta poco	No me gusta ni disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadam ente	Me disgusta mucho	Me disgusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

En la siguiente tabla dé una puntuación a cada atributo de cada una de las muestras frente a usted:

Atributo	Muestras.		
	36	27	64
Color			
Olor			
Textura			
Sabor			
Aroma			

GRACIAS

Anexo 3. Tabla 7.3 Para la obtención de las diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de “Todos los tratamientos” a un nivel de significancia de 5%

TABLA 7.3
Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para
las Comparaciones de “Todos los Tratamientos”
a un Nivel de Significancia de 5%

Panelistas	Número de muestras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	68	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77

Anexo 4. Ejemplo de cálculo para la realización de pruebas hedónicas del análisis cuantitativo en las muestras de pan tipo francés y galleta tipo margarita

El atributo que se explicara es el sabor para el pan francés.

Para el atributo sabor

Gran total: 261

Total panelistas: 19

Número total de respuestas individuales: 57

Suma de cuadrados de las respuestas individuales: 1449

Factor de corrección (FC): 1195.105

Suma Total de los Cuadrados SC(T): 253.8947

Suma de cuadrados de los tratamietos SC(Tr): 53.3684

Suma de cuadrados de los panelistas SC(P): 63.2280

Suma de cuadrados del error SE(E): 137.2982

Total de grados de libertad, gl(T):

gl(T): Número total de respuestas -1

$$=57-1 = 56$$

Grados de libertad de los tratamientos, gl(Tr):

gl(Tr): Número de tratamientos-1

$$= 3-1= 2$$

Grados de libertad de los panelistas, $gl(P)$:

$$gl(P): \text{Número de panelistas}-1$$

$$=19-1= 18$$

Grados de libertad de los errores, $gl(E)$:

$$gl(E): gl(T)- gl(Tr)- gl(P)$$

$$=56-2-18= 36$$

Promedio de los cuadrados de los tratamientos, $CM(Tr)$:

$$=SC(Tr)/gl(Tr)$$

$$=53.3684/2= 26.6842$$

Promedio de los cuadrados de los panelistas, $CM(P)$:

$$=SC(P)/gl(P)$$

$$=63.2280/18= 3.5126$$

Promedio de los cuadrados de los errores, $CM(E)$:

$$=SC(E)/GL(E)$$

$$=137.2982/36=3.8138$$

Relaciones F:

Calculada:

$$\text{Tr.} \quad \text{Valor F para Tr} = CM(Tr)/CM(E)$$

$$= 26.6842/3.8138= 6.9966$$

$$\text{P.} \quad \text{Valor F para P} = CM(P)/CM(E)$$

$$= 3.5126/3.8138= 0.9210$$

Tabulada:

Leer en Tabla 7.5.

Tr.

En horizontal: Valor de gl(Tr): 2

En vertical: Valor de gl(T): 56

Valor obtenido: 3.1666

P.

En horizontal: Valor de gl(Tr): 18

En vertical: Valor de gl(T): 56

Valor obtenido: 1.7837

Nota: Puede que se necesite interpolar o interpolar doble.

La Tabla 1, muestra el resumen de cuadrados medios, suma de cuadrados, grados de libertad y valores de F calculados y obtenidos mediante lectura de tabla F.

Tabla 1. Resumen de datos obtenidos

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada ($p \leq 0.05$)
Total (T)	56	253.8947	-	-	-
Tratamiento (Tr)	2	853.3684	26.6842	6.9966	3.1666
Panelistas (P)	18	63.2280	53.5126	0.9210	1.7837
Error (E)	36	137.2982	3.8138	-	-

Fuente: Elaboracion propia

Dado que el valor de F calculado para los tratamientos es mayor que el valor tabulado se dice que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los puntajes hedónicos promedio para las tres variedades y en cuanto al valor F calculado para los panelistas fue menor al tabulado por lo tanto no hay un efecto significativo de los panelistas.

Como en los panelistas existe una influencia significativa, se procede a realizar la prueba de Duncan.

Prueba de Duncan.

Se necesitan obtener las medias de los tratamientos, las cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de datos obtenidos.

Muestras de pan	64	27	36
Medias de los tratamientos	5.7894	4.5263	3.4210

Fuente: Elaboracion propia

Para amplitudes de: 3 y 2.

$$\text{Amplitud} = Q\sqrt{CM(E)/t}$$

Donde t es el número de panelistas.

$$\text{Amplitud} = Q\sqrt{3.8138/19}$$

$$\text{Amplitud} = Q(0.4480)$$

De Tabla 7.7 se obtienen los valores Q: (gl(T): 56 (en vertical)

Valor Q para 2 medidas= 2.8348

Valor Q para 3 medidas= 2.982

Amplitud= Q (0.4480)

Amplitud para 2 medidas: 1.2699

Amplitud para 3 medidas: 1.3359

Analizando la diferencia entre las medias de mayor diferencia:

$$5.7894-3.4210=2.3684$$

Esta diferencia es mayor que la amplitud de 3 medidas, por lo que estas dos medias son significativamente diferentes.

Analizando la diferencia de las medias mayores:

$$5.7894-4.5263= 1.2631$$

Esta diferencia es menor que la amplitud de 2 medidas, por lo que estas dos medias no son significativamente diferentes.

Analizando la media segunda en magnitud con la última

$$4.5263-3.4210=1.1053$$

Comparándola con amplitud de 2 medias es menor por lo que las diferencias entre ellas no son significativas.

Por lo que se observa que respecto al aroma la muestra de pan 36 fue significativamente más aceptada que las otras, la variedad 27 fue más aceptada que la variedad 64.

Anexo 5. Tabla 7.5 para obtención de la distribución de F al nivel de significancia de 5%

TABLA 7.5
Distribución de F al
Nivel de Significancia de 5%

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8452	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	6.0410	6.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5006	3.4381	3.3881
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.3690	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1750	2.0867	2.0164	1.9588
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

Esta tabla da los valores de F para que $I_F(\nu_1, \nu_2) = 0.05$.

Anexo 6. Norma ASTM 6393-99: Standar Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices.

Prueba A. Medición del ángulo de reposo

La Figura 1 muestra el aparato utilizado para medir el ángulo de reposo, en el cual se deja caer el material a medir desde cierta altura, determinada en este caso por la altura del arco de medición del aparato utilizado. La muestra colóquela en un beaker de 100 ml. Puede usar además el montaje de embudo para direccionar mejor el material.

Se deben realizar tantas medidas, de tal forma que se obtenga un valor repetido, el cual se constituye en la moda estadística de los datos tomados. Al igual puede tomarse el promedio aritmético de las medidas más cercanas entre sí. El mínimo de las medidas a tomar para confiabilidad estadística de datos es de 20.

Una forma indirecta de medir el ángulo es midiendo el diámetro y la altura del volcancito formado, y luego por la relación geométrica de las mismas, con la hipotenusa, se determina el ángulo formado

Prueba B. Medición del ángulo de caída

Se mide después del ángulo de reposo. Es el nuevo ángulo que alcanza el sólido, después de un golpe producido por un peso estandarizado de 111 gr, el cual se deja caer 5 veces antes de hacer la medición

Prueba I. Medición del Ángulo de Espátula

Se mide introduciendo una espátula de 5" X 7/8" en forma horizontal en la base de un promontorio de material y luego se levanta perpendicularmente hacia arriba, la acción se repite varias veces y luego se promedian los datos tomados.

En cada medición se golpea gentilmente la espátula y se mide el nuevo ángulo formado. Luego se promedia los dos promedios y ese será el ángulo de espátula. Para materiales irregulares (en tamaño y forma) utilizar una espátula más ancha.



Figura 1. Equipo usado para la medición del ángulo de reposo
Fuete: Elaboración propia

Prueba D. Medición de densidad de masa (bulk) aireada

Realice mediciones de densidades de masa para los materiales de prueba que se le asignaron ($D_p < \text{Malla } 10$) y haga mediciones para su material con granulometrías $D_p > 10$.

Para determinarla se hace uso del aparato mostrado en la Figura 2 la cual se la agrega el material a medir en el recipiente superior para que pase a través de una malla 10 hacia el contenedor inferior, luego se rasa y se pesa. Antes deber pesarse el contenedor inferior vacío y deberá determinarse su volumen interno para aplicar el concepto de densidad = masa/volumen. Se hacen al menos tres repeticiones para cada densidad a medir y se promedian, Nunca agitar el equipo, el material debe caer libremente.



Figura 2. Equipo usado para la medición de las densidades
Fuete: Elaboración propia

Prueba E. Medición de la densidad de Masa (Bulk) Empacada

Luego de rasado y pesado el contenido del contenedor inferior, en cada una de las pruebas se somete el equipo a vibración y se sobrellena el espacio que queda vacío, se vibra nuevamente, se vuelve a sobrellenar, se rasa y se pesa, hasta que se observa que el material ya no empaca. Repetir la prueba al menos tres veces y tomar el promedio como el valor de la Densidad de Masa Empacada.

Prueba G. Medición del grado de cohesión

Para determinar la cohesión se utiliza una serie de tres tamices y la respectiva bandeja. Se requiere además conocer la densidad de trabajo de la masa de partículas, así:

- Para materiales con densidades en el rango promedio de 25 a 60 lb/pie³, se utiliza la serie de tamices 60, 100 y 200 mesh.
- Para materiales más livianos que el promedio, con Dw entre 10-25 lb/pie³, se utiliza la serie 40, 60 y 100 mesh.
- Para materiales más pesados que el promedio, con Dw entre 60-90 lb/pie³ se utiliza la serie 100, 200 y 325 mesh.
- Se toman muestras de 2 gr de material < 200 mesh y se colocan en el tamiz superior, se vibra de 20 a 120 segundos de acuerdo a la densidad del material así: 20 s para Dw de 100 lb/pie³ o más y 1 s más por cada lb/pie³ menor. Ejemplo para una Dw de 90 lb/pie³ se vibran 20 + 10 = 30 s.

Medición del Angulo de fricción interna (α)

- Mida el diámetro interno del cilindro (Probeta de 1000 o de 2000 ml)
- Pesar 50 g de material a evaluar en un beaker y verterlo en la probeta.
- Leer la altura que ocupa esa masa (regla graduada o cinta métrica).
- Repita el procedimiento hasta alcanzar el punto de inflexión de la gráfica.
- Calcule la presión ejercida por cada masa contenida en la probeta y grafíquela en función de su altura.

Densidad Aparente de materiales de flujo libre.

Su determinación se basa en la norma ASTM B-212-99: Standard Test Method for Apparent Density of Free-Flowing Metal Powders, para los análisis se hizo una aproximación a dicha prueba siguiendo los pasos a continuación:

- Pesar el recipiente de medición estando vacío (probeta de 500 ml)
- Cuidadosamente deje caer el material de prueba en el embudo hacia adentro de la probeta de medición hasta alcanzar la marca de 500 ml
- Rase el material contenido en la probeta de medición en la marca de 500 ml y péselo de nuevo con el material que recolectó. Haga la prueba por triplicado.

Anexo 7. Ejemplo de cálculo de análisis para caracterización de propiedades de masa de partícula

Angulo de reposo.

Se emplearan los valores de prueba 1 para harina para pan francés:

- Hipotenusa: $\sqrt{\text{diametro}^2 + \text{altura}^2} = \sqrt{12^2 \text{cm} + 5.5^2 \text{cm}} = 13.2004 \text{ cm}$
- Angulo: $\sin^{-1}\left(\frac{\text{altura}}{\text{hipotenusa}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{5.5}{13.2003}\right) = 24.6236^\circ$

Angulo de caída.

- Hipotenusa: $\sqrt{\text{diametro}^2 + \text{altura}^2} = \sqrt{13.5^2 \text{cm} + 3.4^2 \text{cm}} = 13.9216 \text{ cm}$
- Angulo: $\sin^{-1}\left(\frac{\text{altura}}{\text{hipotenusa}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3.4}{13.9216}\right) = 14.1360^\circ$

Angulo de espátula.

- Hipotenusa: $\sqrt{\text{altura}^2 + \text{grosor}^2} = \sqrt{3.45^2 \text{cm} + 4.15^2 \text{cm}} = 5.3968 \text{ cm}$
- Angulo: $\sin^{-1}\left(\frac{\text{grosor}}{\text{hipotenusa}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3.45}{5.3968}\right) = 39.7376^\circ$

Angulo de fricción interna.

Para pan francés:

$$\tan \theta = \frac{L_c}{D_t}$$

$$\tan \theta = \frac{7}{16.6} = 2.86^\circ$$

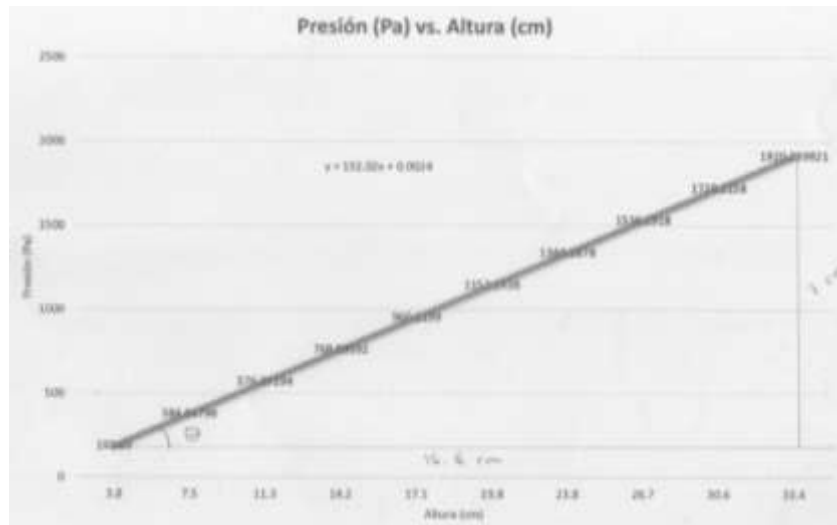
De la gráfica del ángulo de fricción interna de harina compuesta para pan tipo francés se obtienen los valores de L_c y D_t .

De la gráfica del ángulo de fricción interna de harina para galleta tipo margarita se obtiene:

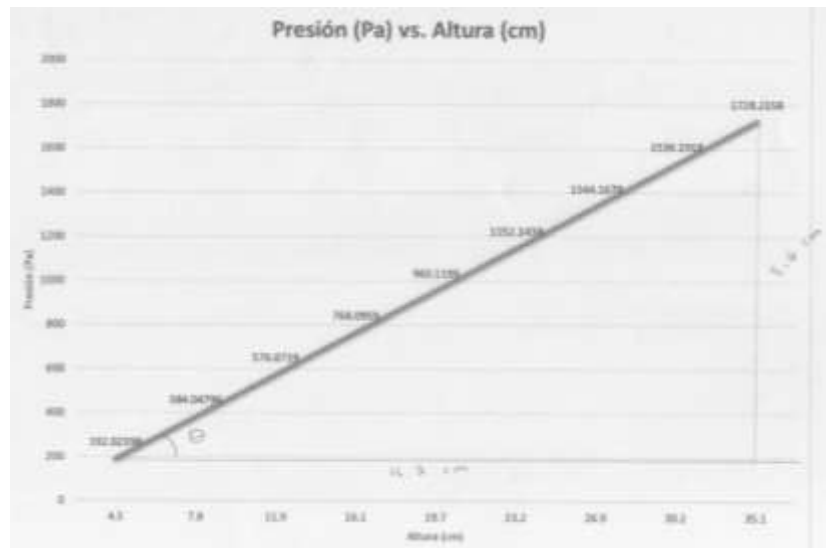
$$\tan \theta = \frac{L_c}{D_t}$$

$$\tan \theta = \frac{8.6}{16.2} = 27.96^\circ$$

De la Figura 6 se obtienen los valores de Lc y Dt



Gráfica de ángulo de fricción interna de harina compuesta para pan tipo francés.
Fuente: Elaboración propia



Gráfica de ángulo de fricción interna de harina para galleta tipo margarita.
Fuente: Elaboración propia

Densidad de masa aireada

La densidad se calcula como:

$$\rho = \frac{m - m_{\text{contenedor vacío}}}{v}$$

Volumen del depósito: 1345.5 ml

Peso del depósito: 527.3 g

$$\rho = \frac{657.7}{1345.5} = 0.4888 \text{ g/ml}$$

Densidad empacada

La densidad empacada se calcula como:

$$\rho = \frac{m - m_{\text{contenedor vacío}}}{v}$$

Datos:

Volumen del depósito: 1345.5 ml

Peso del depósito: 527.3 g

$$\rho = \frac{1112.7}{1345.5} = 0.8269 \text{ g/ml}$$

Densidad de trabajo

$$\rho_w = [(\rho_{\text{empacada}} - \rho_{\text{aireada}}) * C + \rho_{\text{aireada}}]$$

$$C = \frac{\rho_e - \rho_a}{\rho_e}$$

$$C = \frac{(0.822 - 0.4938)}{0.8220} = 0.3993$$

$$\rho_w = [(0.8220 - 0.4938) * 0.3993] + 0.4938$$

$$\rho_w = 0.6248 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Densidad aparente

$$\rho = \frac{m - m_{\text{contenedor vacío}}}{v}$$

Datos:

Volumen de la probeta: 500 ml

Peso de la probeta: 370.6 g

$$\rho = \frac{226.3}{500} = 0.4526 \text{ g/ml}$$

Porcentaje de cohesión.

Se emplearán los valores que se muestran en la Tabla A.1, para harina para pan francés.

Tabla A.1. Valores usados para cálculo de cohesión

Malla	Masa retenida (g)	Valor asignado por cada 0.1 g de masa retenida	% de cohesión asignado
60	0.25	5%	12.5
100	0.05	3%	1.5
200	1.33	1%	13.3
Total			27.3

Fuente: Elaboración propia

Si los dos gramos son retenidos en la malla superior (para el caso malla 60) la cohesión del material será de 100%.

- Si todo pasa a la bandeja la cohesión será de 0%.
- Por cada 0.1 gr retenido en la malla 60, asignar 5% de cohesión.
- Por cada 0.1 gr retenido en la malla 100, asignar 3% de cohesión.
- Por cada 0.1 gr retenido en la malla 200, asignar 1% de cohesión.

Anexo 8. Legislación usada para análisis fisicoquímicos

Para harinas según el RTCA 67.01.15:07 en el apartado 4.6 referente a requisitos físicos y químicos, se establecen límites para los parámetros de la Tabla A.2

Tabla A.2 Requisitos fisicoquímicos de conformidad a la variedad de trigo

Determinaciones	Límite
Humedad, en porcentaje máximo en masa (m/m)	15,5 %
Ceniza en porcentaje máximo en masa (m/m),	1,0 %

- Acidez de grasa. No se deben requerir más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 g de harina, referidos al producto seco.
- Tamaño de las partículas. El tamaño de partículas debe ser tal que el 98% de la harina pase a través de un tamiz de 212 μm , con el método recomendado por Codex.

Para los productos de panadería se realizaron siguiendo la normativa de la NSO 67.30.01:04, en el apartado 8.3.2 de especificaciones fisicoquímicas

En la Tabla A.3 se muestran las especificaciones fisicoquímicas para los análisis realizados.

Tabla A.3 Características Físico químicas

Especificaciones	Límites Permitidos
Humedad %	Máximo 30%
Acidez %	Máximo 0,2%
Cloruro de Sodio %	Máximo 1,5%
Hierro mg/kg	Mínimo 40 mg/kg
Colorante Artificial	Máximo 200 mg/kg

Anexo 9. Ejemplos de cálculo de análisis fisicoquímicos

Acidez en grasa

El porcentaje de acidez se calcula como:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(C - B) * N_{\text{KOH}} * \text{meq de ac. oleico} * 100}{\text{peso}}$$

C = mL empleados para titular el problema

B = mL empleados para titular el blanco

El índice de acidez para las muestras es:

$$\text{Indice de acidez} = \frac{(VKOH - b) * N * 56.1}{\text{gramos de harina}}$$

$$\text{Indice de acidez} = \frac{(10.3 - 0.8) * 0.016084 * 56.1}{20} = 0.4285 \frac{\text{mg KOH}}{\text{g de grasa}}$$

Para el caso del KOH: N=M

Teniendo el valor de índice de acidez y sabiendo que se puede expresar así:

$$\text{Indice de acidez} = \frac{\text{mg de KOH}}{1 \text{ gramos de harina}}$$

Despejar de la formula y calcular los mg de KOH

$$\frac{\text{mg de KOH}}{100 \text{ gramos de harina}} = \text{Indice de acidez} * 100$$

$$\frac{\text{mg de KOH}}{100 \text{ gramos de harina}} = 0.4285 * 100$$

$$\frac{\text{mg de KOH}}{100 \text{ gramos de harina}} = 42.8512$$

Estandarización de la solución de KOH.

La molaridad del biftalato se calcula como:

Blanco: 0.8

$$M = \frac{\text{gramosdebiftalato} * 1000}{P. M. delbiftalato * mLdeKOHgastados}$$

$$M = \frac{0.0201 * 1000}{204.22 * 6.2} = 0.01587$$

Análisis de humedad para harinas y pan francés.

Para realizar los cálculos de humedad en los análisis se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$H\% = \frac{(P_1 - P_2)}{P} * 100$$

Donde:

- P₁= Peso en g, del vidrio reloj con la muestra.
- P₂= Peso en g, del vidrio reloj con la muestra secada.
- P= Peso en g, de la muestra.

Análisis de cenizas para harinas.

El contenido en cenizas sobre sustancia natural vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{P} * 100$$

Donde:

- P₁= Peso, en gramos del crisol con las cenizas
- P₂= Peso, en gramos del crisol vacío
- P= Peso, en gramos de la muestra.

El contenido en cenizas sobre sustancia seca vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{C * 100}{100 - H} * 100$$

Donde:

- C= % de cenizas obtenidas en la ecuación anterior
- H= Humedad

Acidez en productos de panificación

$$\% \text{ Acidez} = \frac{Vb * N * M_{equiv}}{Va} * 100$$

Donde:

- Vb= Volumen en ml, gastado por la base
- N= Normalidad de la base
- M_{equiv} = Mili equivalente del ácido predominante en la muestra acida
- Va= Volumen del ácido

Porcentaje de cloruro de sodio.

$$\%NaCl = \frac{milieq \ NaCl * N \ de \ AgNO_3 * (Vol \ AgNO_3 \ en \ titulacion - Vol \ AgNO_3 \ en \ blanco)}{masa \ en \ gramos \ de \ la \ muestra} * 100$$

$$\%NaCl = \frac{0.0585 * 0.1N * (8.9 \ ml - 8.6ml)}{0.147} * 100 = 1.19\%$$

Anexo 10. Informe de análisis microbiológicos obtenidos en CENSALUD



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



30/15
El Salvador
Educación Superior y Profesional

Ciudad Universitaria
Fiscal 27 Avenida Sur
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 221-8829 y 221-6234
Correo: CEN@CENSALUD.ES@igp.mec.gub.es
cen@igp@comunicacion.com.sv

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra: Harina para Pan Francés Código 080902
(Trigo, Ojushte, Plátano)

Procedencia: Gabriela Beatriz Rosales Barrera (tesis)

Solicitante: Gabriela Beatriz Rosales Barrera Fecha de emisión: 23-09-2015

Método: Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras por método de vertido en placa.

Descripción: Producto sólido, finamente molido, de color beige.
Fecha producción: 08/09/2015

Fecha de recepción: 08/09/2015

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	290 UFC/g	1,000 UFC / g

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo de producto
 NMP/g = Número Más Probable por gramo de producto

OBSERVACIONES:
 Los resultados corresponden a la muestra remitida 08/09/2015 y ensayada el 09/09/2015.

*Especificaciones basadas la RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de Trigo.




MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUÍMICA – FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 09-09-2015



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra: Harina para Galleta Código 080901
(Trigo, Ojushte, Plátano)

Procedencia: Gabriela Beatriz Rosales Barrera (tesis)

Solicitante: Gabriela Beatriz Rosales Barrera Fecha de emisión: 23-09-2015

Método: Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras por método de vertido en placa.

Descripción: Producto sólido, finamente molido, de color beige.

Fecha producción: 08/09/2015

Fecha de recepción: 08/09/2015

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	330 UFC/g	1,000 UFC / g
UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo de producto NMP/g = Número Más Probable por gramo de producto		

OBSERVACIONES:

Los resultados corresponden a la muestra remitida 08/09/2015 y ensayada el 09/09/2015.

*Especificaciones basadas en RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de Trigo.




MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUÍMICA – FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 09-09-2015



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra: Pan Francés Código 260803
(Trigo, Ojushte, Plátano)

Procedencia: Gabriela Beatriz Rosales Barrera (tesis)

Solicitante: Gabriela Beatriz Rosales Barrera Fecha de emisión: 04-09-2015

Método: Recuento de coliformes totales y E.coli, Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras por método de vertido en placa. Metodo horizontal para la detección de Salmonella spp.

Descripción: Producto sólido, de consistencia suave, color café oscuro.

Fecha producción: 26/08/2015

Fecha de recepción: 26/08/2015

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Coliformes totales	Menor de 10 UFC/g	100 UFC/g
Recuento de <i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	10 UFC/g	50 UFC / g
Recuento total de aerobios	9,600 UFC/g	10,000 UFC / g
Detección de <i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia / 25 gramos

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo de producto

NMP/g = Número Más Probable por gramo de producto

OBSERVACIONES:

Los resultados corresponden a la muestra remitida 26/08/2015 y ensayada el 26/08/2015.

*Especificaciones basadas la NSO 67.30.01.04 Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce.

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUÍMICA – FARMACEUTICA
CEN-SALUD



Fecha de análisis: 26-08-2015



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



100 Altes
El servicio de la
Educación Superior salvadoreña

Ciudad Universitaria
Finca 25 Avenida 3ra
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 225-6000 y 225-6434
Correo: CCI@SALUD.GUB.ES
ccid@salud.gub.es

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la Muestra: Galletas Código 140901
(Trigo, Ojushte, Plátano)

Procedencia: Gabriela Beatriz Rosales Barrera (tesis)

Solicitante: Gabriela Beatriz Rosales Barrera Fecha de emisión: 23-09-2015

Método: Recuento de coliformes totales y E. coli, Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras por método de vertido en placa. Metodo horizontal para la detección de Salmonella spp.

Descripción: Producto sólido, de consistencia dura, color beige.

Fecha producción: 14/09/2015

Fecha de recepción: 14/09/2015

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Recuento total de aerobios	10 UFC/g	10,000 UFC / g
Recuento de Hongos Filamentosos y Levaduras	Menor de 10 UFC/g	50 UFC / g
Coliformes fecales y <i>E. coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia (UFC/g)
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia (25 gramos)

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo de producto

NMP/g = Número Más Probable por gramo de producto

OBSERVACIONES:

Los resultados corresponden a la muestra remitida 14/09/2015 y ensayada el 14/09/2015.

*Especificaciones basadas la NSO 67.30.01:04 Productos de panadería. Clasificación y especificaciones del pan dulce.


MSc. Amy Eileth Morán Rodríguez
QUÍMICA - FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 14-09-2015

Anexo 11. Resultados de análisis de contenido nutricional obtenidos en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**

RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: Ciudad Universitaria, 02 de septiembre de 2015.
Usuario: Br. Gabriela Rosales
Fecha de ingreso: 28 / agosto / 2015
Tipo de Muestra: semillas de ojushte, harina de pan frances, harina Compuesta p/galletas, pan frances y harina de Ojushte.
Número de Muestra: De la 185 a la 190 - 2015
Análisis solicitado: Proteína, grasa, Fibra Cruda, Ca,Fe y Mg.

DETERMINACIÓN	Mx.185 Semillas de ojushte	Mx.186 Harina de pan frances	Mx.187 Harina compuesta p/galletas	Mx.188 galleta	Mx.189 Pan frances	Mx.190 Harina de Ojushte
Proteína Cruda	11.98	12.83	11.49	11.50	14.07	11.35
Grasa	0.93	0.82		13.24	9.80	
Calcio (ppm)	1,494.02	183.33		2,980.92	444.27	
Hierro (ppm)	1.16	2.66		3.64	4.09	
Magnesio (ppm)	1,111.11	444.01		254.03	606.18	
Fibra cruda (%)				0.0*	0.0*	

*En Fibra cruda el resultado es depreciable por la cantidad que quedo al final del análisis

Analista: Br. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turcios
Jefe del Departamento de Química Agrícola

Anexo 12. Cálculo de nutrientes por porción

Calculo para proteína en pan francés

Calculo de nutrientes para una porción. Tomaremos el valor de la porción de pan francés:
30g

$$\text{valor en porción de 30g} = \frac{\text{valor detectado} * 30}{100}$$

$$\text{valor en porción de 30g} = \frac{14.07 * 30}{100}$$

$$\text{valor en porción de 30g} = 4.221g$$

El % VDR se calcula como:

Tomando como ejemplo la proteína

$$\%VDR = \frac{\text{porcion 30g}}{\text{valor de referencia}} * 100$$

$$\%VDR = \frac{4.221g}{50g} * 100 = 8.44\%$$

El redondeo se lleva a cabo siguiendo indicaciones del anexo C del RTCA etiquetado de alimentos previamente envasados. Queda como %VDR=8%

Peso absoluto declarado será como:

$$\text{peso absoluto declarado} = \frac{\%VDR * \text{Valor de referencia}}{100}$$

$$\text{peso absoluto declarado} = \frac{8\% * 50}{100} = 4g$$

Calculo de valor energético:

$$VE = (\text{Proteina} * 4kcal) + (\text{grasa} * 9 kcal) + (\text{carbohidratos} * 4 kcal)$$

$$VE = (4 * 4kcal) + (3.25 * 9 kcal) + (15 * 4 kcal)$$

$$VE = 105.25$$

Calculo de proteína para galletas

Calculo de nutrientes para una porción. Tomaremos el valor de la porción de la galleta:
25g

$$\text{valor en porción de } 25g = \frac{\text{valor detectado} * 25}{100}$$

$$\text{valor en porción de } 25g = \frac{11.5 * 25}{100}$$

$$\text{valor en porción de } 25g = 2.875g$$

El % VDR se calcula como:

Tomando como ejemplo la proteína

$$\%VDR = \frac{\text{porcion } 25g}{\text{valor de referencia}} * 100$$

$$\%VDR = \frac{2.875g}{50g} * 100 = 5.75\%$$

El redondeo se lleva a cabo siguiendo indicaciones del anexo C del RTCA etiquetado de alimentos previamente envasados. Queda como %VDR=6%

Peso absoluto declarado será como:

$$\text{peso absoluto declarado} = \frac{\%VDR * \text{Valor de referencia}}{100}$$

$$\text{peso absoluto declarado} = \frac{6\% * 50}{100} = 3g$$

Calculo de valor energético:

$$VE = (\text{Proteina} * 4kcal) + (\text{grasa} * 9 kcal) + (\text{carbohidratos} * 4 kcal)$$

$$VE = (3 * 4kcal) + (3.25 * 9 kcal) + (15 * 4 kcal)$$

$$VE = 101.25$$