

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. AGROINDUSTRIAL



TITULO:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) EN EL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SU MASA PARA LA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACIÓN”

PRESENTADO POR:

Bach. Nestor Arbel Jimenez Aguirre
Bach. Carlos Eduardo Duque De La Cruz

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Chimbote – Perú

2018

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



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: **“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) EN EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE SU MASA PARA LA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACIÓN**”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial , presentado por los bachilleres, **NESTOR ARBEL JIMENEZ AGUIRRE** y **CARLOS EDUARDO DUQUE DE LA CRUZ**, que tiene como asesor al **M.Sc. SAÚL EUSEBIO LARA** designado por resolución N° 590 - 2017-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 06 de Julio del 2018, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N° 126 – 2018 -UNS-CFI.



Dra. Luz Paucar Menacho
Presidente



M.Sc. Saúl Eusebio Lara
Secretario



Dr. Daniel Sanchez Vaca
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 am del 06 de Julio del dos mil Dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 126-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Presidente)
- **M.Sc. Saul Eusebio Lara** (Secretario)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) EN EL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SU MASA PARA LA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACIÓN”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **NESTOR ARBEL JIMENEZ AGUIRRE**
- **CARLOS EDUARDO DUQUE DE LA CRUZ**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **M.Sc. SAUL EUSEBIO LARA**, según **R.D. N° 590 - 2017-UNS-FI**. Finalizada la sustentación, el (os) Tesistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente. El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

| BACHILLER | PROMEDIO. VIGESIMAL | PONDERACIÓN |
|------------------------------|---------------------|-------------|
| NESTOR ARBEL JIMENEZ AGUIRRE | 19 | EXCELENTE |

Siendo la 01: pm del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 06 de Julio del 2018.



Dra. Luz Paucar Menacho
Presidente



M.Sc. Saul Eusebio Lara
Secretario



Dr. Daniel Sánchez Vaca
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 am del 06 de Julio del dos mil Dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 126-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Presidente)
- **M.Sc. Saul Eusebio Lara** (Secretario)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) EN EL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SU MASA PARA LA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACIÓN”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **NESTOR ARBEL JIMENEZ AGUIRRE**
- **CARLOS EDUARDO DUQUE DE LA CRUZ**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **M.Sc. SAUL EUSEBIO LARA**, según **R.D. N° 590 - 2017-UNS-FI**. Finalizada la sustentación, el (os) Tesistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

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

| BACHILLER | PROMEDIO VIGESIMAL | PONDERACIÓN |
|---------------------------------|--------------------|-------------|
| CARLOS EDUARDO DUQUE DE LA CRUZ | 19 | EXCELENTE |

Siendo la 01: pm. del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 06 de Julio del 2018.



Dra. Luz Paucar Menacho
Presidente



M.Sc. Saul Eusebio Lara
Secretario



Dr. Daniel Sánchez Vaca
Integrante

DEDICATORIA

A Dios por darnos fuerzas y discernimiento en los momentos más difíciles.

A mi esposa Mayte y mi hijo Ramiro, se han convertido en la fuerza y el amor que necesito día a día para ser mejor persona.

A mis padres, Pablo y Carolina por darme la vida, la paciencia y el apoyo constante para lograr mis metas.

A mis hermanos, por el afecto y apoyo que me permitieron culminar mi carrera, en especial a Marbely y Luis.

Nestor Jimenez Aguirre

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme a mis padres y mi familia.

A mis Padres Carlos y Nelida, por la vida y el esfuerzo que hicieron para verme lograr mis metas.

A mi hijo Karlos (Petotin), lo más importante en mi vida, y la fuerza que hace que no me rinda nunca.

Carlos Duque de la Cruz

AGRADECIMIENTOS

A los que nos apoyaron durante desinteresadamente en nuestra formación académica. Ing. Williams Castillo, Ing. John Gonzales e Ing. Lenin Palacios, por su asesoramiento en la realización de esta investigación.

A nuestros compañeros de clases y amigos que contribuyeron durante nuestra formación, con su afecto y conocimiento colaboraron en nuestro desarrollo académico. Una mención especial a nuestra amiga encargada de la Biblioteca Especializada, Silvia Huacacolqui, siempre presta a brindarnos su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

| | Pag. |
|---|------|
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION BIBLIOGRAFICA | 2 |
| 2.1. CASTAÑA..... | 2 |
| 2.1.1. Generalidades de la Castaña | 2 |
| 2.1.2. Taxonomía y Morfología..... | 4 |
| 2.1.3. Producción nacional | 5 |
| 2.1.4. Composición química..... | 7 |
| 2.1.5. Selenio en castaña..... | 10 |
| 2.1.6. Usos de la castaña..... | 11 |
| 2.2. TRIGO | 11 |
| 2.2.1. Generalidades del trigo | 11 |
| 2.2.2. Taxonomía y morfología | 12 |
| 2.2.3. Composición química del trigo | 12 |
| 2.3. HARINA | 17 |
| 2.3.1. Harina de trigo | 17 |
| 2.3.1.1. Definición..... | 17 |
| 2.3.1.2. Composición química..... | 17 |
| 2.3.1.3. Principales componentes de la harina | 18 |
| 2.3.1.4. Tipos de harina | 27 |
| 2.3.1.5. Harina para productos de pastelería | 28 |
| 2.3.2. Control de calidad de las harinas | 29 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.3.2.1. | Contenido de humedad..... | 29 |
| 2.3.2.2. | Proteína..... | 30 |
| 2.3.2.3. | Prueba de cenizas | 30 |
| 2.4. | MEZCLAS ALIMENTICIAS (Sustitución Parcial)..... | 31 |
| 2.4.1. | Complementación proteica..... | 31 |
| 2.4.2. | Principales sucedáneos del trigo..... | 31 |
| 2.4.3. | Computo químico | 35 |
| 2.5. | REOLOGÍA DE MASAS | 36 |
| 2.5.1. | AMILOGRAFIA | 36 |
| 2.5.2. | FARINOGRAFIA | 38 |
| 2.5.3. | EXTENSOGRAFIA | 42 |
| III. | MATERIALES Y METODOS..... | 46 |
| 3.1. | MATERIA PRIMA..... | 46 |
| 3.2. | MATERIALES | 46 |
| 3.3. | REACTIVOS | 46 |
| 3.4. | EQUIPOS..... | 47 |
| 3.4.1. | PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.4.2. | Proceso tecnológico para la obtención de harina de castaña (Bertolethia excelsa) | 49 |
| 3.4.2.1. | Selección de Castaña:..... | 51 |
| 3.4.2.2. | Deshidratado (castaña partida):..... | 51 |
| 3.4.2.3. | Reducción de tamaño: | 51 |
| 3.4.2.4. | Prensado: | 51 |
| 3.4.2.5. | Molienda: | 51 |
| 3.4.2.6. | Tamizado:..... | 52 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.4.2.7. | Almacenado:..... | 52 |
| 3.4.3. | Elaboración de las mezclas..... | 52 |
| 3.4.4. | Cálculo del cómputo químico..... | 53 |
| 3.4.5. | Análisis de la Harina..... | 54 |
| 3.4.5.1. | Caracterización de las Harinas y Mezclas de Harinas..... | 54 |
| 3.4.6. | Análisis reológico de las formulaciones..... | 55 |
| 3.4.6.1. | Análisis amilográfico | 55 |
| 3.4.6.2. | Análisis farinográfico..... | 56 |
| 3.4.6.3. | Análisis extensográfico | 56 |
| 3.5. | DISEÑO ESTADÍSTICO | 58 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 59 |
| 4.1. | CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA | 59 |
| 4.1.1. | Caracterización de la castaña entera..... | 59 |
| 4.2. | OBTENCIÓN DE HARINA DE CASTAÑA | 60 |
| 4.3. | ANÁLISIS DE LAS HARINAS..... | 65 |
| 4.3.1. | Caracterización químico proximal de la harina de trigo..... | 65 |
| 4.3.2. | Caracterización químico proximal de la harina de castaña | 66 |
| 4.4. | EVALUACIÓN POR CÓMPUTO QUÍMICO | 68 |
| 4.4.1. | Determinación del cómputo químico de los componentes..... | 68 |
| 4.4.2. | Determinación del cómputo químico de los componentes en las mezclas..... | 70 |
| 4.4.2.1. | Determinación de las proteínas que aportan los componentes en las mezclas..... | 70 |
| 4.4.2.2. | Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante en las mezclas..... | 70 |
| 4.5. | EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS..... | 75 |
| 4.5.1. | Análisis físico-químico..... | 75 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.5.1.1. | Humedad (%) | 75 |
| 4.5.1.2. | Proteína..... | 78 |
| 4.5.1.3. | Grasa..... | 81 |
| 4.5.1.4. | Ceniza..... | 83 |
| 4.6. | ANÁLISIS REOLÓGICO | 86 |
| 4.6.1. | Análisis amilográfico..... | 86 |
| 4.6.1.1. | Análisis estadístico de máximo de gelatinización (AU) y la temperatura de gelatinización (°C) | 88 |
| 4.6.2. | Análisis farinográfico | 92 |
| 4.6.2.1. | Análisis estadístico de consistencias (FE), absorción de agua (%) tiempo de desarrollo (min) y tiempo de estabilidad (min) | 97 |
| 4.6.3. | Análisis extensográfico..... | 106 |
| 4.6.3.1. | Análisis estadístico de la energía (cm ²), resistencia a la extensión (BU) y extensibilidad (mm)..... | 109 |
| V. | CONCLUSIONES | 115 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 118 |
| VII. | REFERENCIA BIBLIOGRAFICA..... | 119 |
| | ANEXOS | 126 |

ANEXO I

1.1. CÁLCULO DE HUMEDAD, CENIZAS Y GRASA:

1.1.1. Determinación de Humedad en harinas .

1.1.2. Determinación de Cenizas en harinas

1.1.3. Método de determinación de grasa en las Harinas - Soxhlet

ANEXO II

2.1. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en las Formulaciones

- 2.2. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M2 (Trigo, Castaña: 85%; 15%)
- 2.3. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M3 (Trigo, Castaña: 87.5%; 12.5%)
- 2.4. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M4 (Trigo, Castaña: 90%; 10%)
- 2.5. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M5 (Trigo, Castaña: 95%; 05%)
- 2.6. Método para hallar el aminograma teórico de las 5 formulaciones

ANEXO III

- 3.1. Resultados de los análisis Amilográficos de las formulaciones
- 3.2. Resultados de los análisis Farinográficos de las formulaciones
- 3.3. Resultados de los análisis Extensográficos de las formulaciones

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| Tabla 1: Descripción Taxonómica de la Castaña | 4 |
| Tabla 2: Cantidad y Valor exportado de Castaña | 6 |
| Tabla 3: Composición proximal de la Castaña: | 7 |
| Tabla 4: Composición proximal (%) de castaña con otros granos | 8 |
| Tabla 5: Contenido de aminoácidos en castaña y cereales (g/100g proteína) | 8 |
| Tabla 6: Contenido de vitaminas en castaña (mg/100g)..... | 9 |
| Tabla 7: Contenido de minerales en castaña y otros alimentos (mg/100g)..... | 9 |
| Tabla 8: Contenido de fibra en castaña en 100g..... | 10 |
| Tabla 9: Clasificación taxonómica del trigo..... | 12 |
| Tabla 10: Composición química del trigo y sus derivados en 100g de alimento | 13 |
| Tabla 11: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo (en % sobre materia seca)..... | 15 |
| Tabla 12: Composición media de las harinas de trigo..... | 15 |
| Tabla 13: Contenido de azúcares solubles en etanol del 80% de harinas de trigo | 16 |
| Tabla 14: Composición de algunos aminoácidos esenciales de las fracciones de proteínas de la harina de trigo (g/100g de proteína) | 17 |
| Tabla 15: Composición química de la harina de trigo..... | 18 |
| Tabla 16: Composición de la harina de trigo..... | 28 |
| Tabla 17: Variación en el contenido de ceniza según el tipo de harina de trigo | 30 |
| Tabla 18: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país..... | 32 |
| Tabla 19: Composición química porcentual de sucedáneos del trigo. Sustitución parcial en panes, fideos y galletas. | 34 |
| Tabla 20: Parámetros del farinograma para diferentes productos de panificación y pastelería | 41 |
| Tabla 21: Parámetro del Extensograma..... | 44 |
| Tabla 22: Parámetros del extensograma para diferentes harinas según su uso | 45 |
| Tabla 23: Matriz de experimentos según Diseño de Mezclas D-Optimo..... | 52 |
| Tabla 24: Patrón de aminoácidos propuesto para niños de 2-5 años..... | 54 |
| Tabla 25: Caracterización de la castaña entera..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 26: Composición proximal de la harina de trigo | 65 |
| Tabla 27: Composición proximal de la harina de castaña | 66 |
| Tabla 28: Aminoácidos presentes en los componentes de las mezclas | 68 |
| Tabla 29: Cómputo químico de los componentes de las mezclas | 69 |
| Tabla 30: Proteína que aportan los componentes en la mezcla en 100g | 70 |
| Tabla 31: Aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla en 100g | 73 |
| Tabla 32: Cómputo químico (teórico) para las formulaciones | 74 |
| Tabla 33: Composición proximal de las formulaciones | 75 |
| Tabla 34: Humedad en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña | 76 |
| Tabla 35: ANVA humedad (%)..... | 76 |
| Tabla 36: Proteínas en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña | 78 |
| Tabla 37: ANVA proteínas (%)..... | 79 |
| Tabla 38: Grasa en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña. | 81 |
| Tabla 39: ANVA grasa (%)..... | 81 |
| Tabla 40: Ceniza en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña. | 83 |
| Tabla 41: ANVA ceniza (%) | 84 |
| Tabla 42: Análisis amilográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña..... | 86 |
| Tabla 43: ANVA Temperatura máxima de gelatinización..... | 88 |
| Tabla 44: ANVA máximo de gelatinización (UA)..... | 90 |
| Tabla 45: Análisis farinográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña..... | 92 |
| Tabla 46: ANVA consistencia (FE)..... | 97 |
| Tabla 47: ANVA absorción de agua (%)..... | 100 |
| Tabla 48: ANVA tiempo de desarrollo (min)..... | 102 |
| Tabla 49: ANVA tiempo de estabilidad (min) | 104 |
| Tabla 50: Análisis extensográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 51: ANVA energía (cm ²) | 109 |
| Tabla 52: ANVA resistencia a la extensión (BU) | 111 |
| Tabla 53: ANVA extensibilidad (mm) | 113 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|-------------|
| Figura 1: Árbol de Castaña y Castaña | 3 |
| Figura 2: Estructura del grano de trigo | 14 |
| Figura 3: Estructura amilosa..... | 19 |
| Figura 4:Estructura amilopectina | 20 |
| Figura 5:Amilograma de un sistema almidón-agua mostrando empaste, aclarado mecánico y vuelta al endurecimiento. Fuente (Hoseney, 1991) | 23 |
| Figura 6:Amilógrafo Brabender | 37 |
| Figura 7:Amilograma | 38 |
| Figura 8: Farinógrafo Brabender | 39 |
| Figura 9: Farinograma | 41 |
| Figura 10: Extensógrafo Brabender..... | 42 |
| Figura 11: Extensograma..... | 43 |
| Figura 12: Esquema experimental para la caracterización de mezclas de harina de trigo y harina de castaña..... | 48 |
| Figura 13: Diagrama de flujo para la obtención de harina de castaña..... | 50 |
| Figura 14: Selección de castaña..... | 60 |
| Figura 15: Deshidratado de castaña..... | 61 |
| Figura 16: Reducción de tamaño | 61 |
| Figura 17: Prensado | 62 |
| Figura 18: Tamizado de harina de castaña | 63 |
| Figura 19: Tamizado de harina de castaña | 63 |
| Figura 20: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de castaña..... | 64 |
| Figura 21: Gráfico de respuesta de la mezcla para humedad (%) | 77 |
| Figura 22: Gráfico de respuesta de la mezcla para proteína (%)..... | 80 |
| Figura 23: Gráfico de respuesta de la mezcla para grasa (%) | 82 |
| Figura 24: Gráfico de respuesta de la mezcla para ceniza (%)..... | 84 |
| Figura 25: Gráfico de respuesta de temperatura máximo de gelatinización (°C)..... | 89 |
| Figura 26: Gráfico de respuesta de máximo de gelatinización (AU) | 91 |
| Figura 27: Gráfico de respuesta de consistencia (FE) | 99 |
| Figura 28: Gráfico de respuesta de absorción de agua (%) | 101 |
| Figura 29: Gráfico de respuesta de tiempo de desarrollo (min) | 103 |
| Figura 30: Gráfico de respuesta de tiempo de estabilidad (min)..... | 105 |
| Figura 31: Gráfico de respuesta de energía (cm ²) | 110 |
| Figura 32: Gráfico de respuesta resistencia a la extensión (BU)..... | 112 |
| Figura 33: Gráfico de respuesta de extensibilidad (mm)..... | 114 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de castaña en el comportamiento reológico de su masa para la industria de la panificación; obteniendo así datos que puedan ser utilizados en investigaciones futuras para la elaboración de productos para el mercado mediante el uso de harinas sucedáneas. Para realizar este estudio, que puedan ser utilizadas en investigaciones futuras y que tipo de producto pueda elaborarse. Se tomó como base harina de trigo panadera, se realizaron varias mezclas, las cuales fueron establecidas utilizando un Diseño de Mezclas D-optimal del paquete estadístico Design Expert 7.0, los que se evaluaron en función a sus características reológicas, datos que se analizaron con un nivel de significancia del 95% y utilizando el mismo paquete.

Esto nos permitió obtener datos de las diferentes mezclas. Se realizaron 5 sustituciones con la harina de castaña: 20%, 15%, 12.5%, 10% y 5% (con respecto al 100% de harina), a estas mezclas se realizó análisis reológicos para ver el efecto que ejerce en su comportamiento frente a la harina de trigo sola. Donde se observó que sus características fueron inferiores, pero que cumplen con parámetros encontrados por otros investigadores en diferentes productos de panificación (cupcake, pastas, galletas, etc.). En todos los parámetros analizados se encontraron diferencias significativas entre las mezclas, a excepción de la extensibilidad, en donde la diferencia entre las mezclas fue no significativa estadísticamente (103mm – 111mm), pero sí con valores muy por debajo en comparación a la harina de trigo sola (135mm)

Otro aspecto estudiado fue el importante aporte de aminoácidos de la harina de castaña como Leucina y la Metionina+Cisteína. Un alto contenido en proteína de las mezclas ($13.54 \pm 0.01\%$ - $15.00 \pm 0.00\%$) en comparación al contenido en la harina de trigo (11.9%).

Otros aportes fueron en fibra en las mezclas (1.84% - 3.91%), harina de trigo (1.15%) y grasa total ($4.04 \pm 0.36\%$ - $13.16 \pm 0.51\%$) en las mezclas, harina de trigo (1.45%).

ABSTRACT

The objective of this research work is to study the effect of partial substitution of wheat flour for chestnut flour in its dough rheological behavior for baking industry; thus obtaining data that can be used in future research for the production of market products by using substitute flours. To carry out this study, so they can be used in future research and what kind of product can be developed. Bread wheat flour was taken as a base, and several mixtures were made, which were established using a Design Expert 7.0 D-Optimal Mixture Design statistical package, which were evaluated according to their rheological characteristics, and the data was analyzed with a 95% significance level by using the same package.

This allowed us to obtain data from different mixtures. Five substitutions were made with the chestnut flour: 20%, 15%, 12.5%, 10% and 5% (respect to the 100% flour), rheological analysis was performed to these mixtures to see the effect it exerts on its behavior against single wheat flour. It was noticed that their characteristics were inferior, but they comply with parameters found by other researchers in different bakery products (cupcake, pasta, cookies, etc.). Significant differences were found between mixtures for all the analyzed parameters, except for the extensibility, where the difference between mixtures was not statistically significant (103mm - 111mm), but showing much lower values compared with single wheat flour (135mm).

Amino acids contribution from chestnut flour such as Leucina and Metionina + Cisteina was another analyzed aspect. A high mixture protein content (13.54 + 0.01% - 15.00 + 0.00%) was observed when compared to wheat flour (11.9%).

Other contributions were fiber (1.84% - 3.91%) in the mixtures, wheat flour (1.15%) and total fat (4.04 + 0.36% - 13.16 + 0.51%) in the mixtures, wheat flour (1.45%).

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la obtención de mezclas vegetales a partir de cereales con leguminosas, granos u otros productos como los frutos secos, constituye una gran alternativa para superar los niveles de desnutrición que afectan al País. En realidad, no todos los cereales y leguminosas son deficientes en los mismos aminoácidos esenciales, sobre todo los frutos secos. Esto permite la complementación mutua entre ellos para obtener dietas, que siendo de bajo costo, contienen un balance adecuado de aminoácidos y la concentración necesaria de proteínas.

Siendo una alternativa bastante conveniente, es el de utilizar los productos que más se producen en cada región, con la finalidad de abaratar los costos de producción y al mismo tiempo aprovechar eficientemente los recursos nativos, ofreciendo oportunidades de mejora en la calidad de vida de los productores.

En base a lo que se menciona líneas arriba, se ha optado a utilizar el producto bandera de Madre de Dios (O.R. N° 017-2009-GRMDD/CR), la Castaña (*Bertholletia excelsa*), producto de recolección silvestre, que se encuentra muy poco difundido en nuestro país, pero que representa una parte muy importante en la economía de la región, beneficia al 22% de la población (MINAGRI, 2012).

Este producto de un alto valor nutricional, rico en grasas altamente poliinsaturadas, proteínas, minerales, fibra y selenio, considerado este oligoelemento como un agente que previene el cáncer y neutraliza los radicales libres. (Alvarenga, 2002)

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de castaña (*Bertholletia excelsa*) en el comportamiento reológico de su masa para la aplicación en la industria de la panificación. Siendo los objetivos específicos los siguientes:

- Realizar el análisis reológico (amilografía, farinografía y extensografía): absorción de agua, desarrollo máximo de las masas, estabilidad al amasado, índice de tolerancia de las masas.
- Seleccionar las mejores mezclas de harinas de trigo y castaña mediante un análisis estadístico.
- Determinar el valor nutricional de las mezclas, composición químico-proximal y cómputo químico.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CASTAÑA

2.1.1. Generalidades de la Castaña

La Nuez del Brasil o Castaña Amazónica (*Bertholletia excelsa*) pertenece a la familia botánica Lecythidaceae. Es un producto forestal no maderero que crece naturalmente en los bosques amazónicos de Brasil, Bolivia y Perú. Su altura puede llegar hasta los 50 m. Los frutos de la Nuez del Brasil, llamados popularmente “cocos”; son de piel lisa, de buen tamaño con un peso entre 1 Kg. y 2 Kg. En su interior pueden albergar hasta 20 semillas (llamadas también nueces o almendras) que tienen forma similar a los gajos de una naranja, cubiertas por una fina piel que contiene a las almendras de color blanco y textura mantecosa. (Minag, 2012).

Se les encuentra en una densidad promedio de 1 árbol por hectárea, tardando de 30 a 45 años para dar frutos. No puede ser cultivada en plantaciones, ya que necesita de otras especies del bosque para la polinización y producción de frutos. Los frutos caen durante la época de lluvias que se extienden de diciembre a marzo. (Williams & Wilson, 1999).

La castaña tiene varias características interesantes desde el punto de vista nutritivo. Primero, un 67% de aceite es de alta calidad y apto para el uso comestible. Segundo, la semilla contiene casi un 17% de proteínas, ricas en aminoácidos esenciales y especialmente rica en metionina. Presenta muchos otros constituyentes indispensables para una buena alimentación como el selenio, antioxidante que viene siendo referido en la prevención del cáncer. (Souza, Menezes, 2004).

La castaña (*Bertholletia excelsa*), constituye el 1% del comercio mundial de nueces comestibles, usándose mayormente como una nuez de relleno en las mezclas de nueces que se venden en Europa y Norte de América. Aprovechada comercialmente en los países de Bolivia, Perú y Brasil (trifrontera). En Perú, sólo crece en el departamento de Madre de Dios, beneficiando al 22% aproximadamente de su población. (Gomez, Ríos, 2006).

Los árboles de castaña son especies claves en el bosque amazónico ya que estos proveen un hábitat para varias especies e ingresos económicos para castañeros locales. Los árboles de castaña dependen de la supervivencia de ecosistemas amazónicos vírgenes, sin la compleja relación entre animales, los cuales distribuyen semillas, e insectos, los cuales polinizan flores, el rendimiento y la reproducción de la castaña es considerablemente reducida. (CI-Perú, 2012).



Figura 1: Árbol de Castaña y Castaña

2.1.2. Taxonomía y Morfología

2.1.2.1. Taxonomía

Tabla 1: Descripción Taxonómica de la Castaña

| División | Fanerógamas |
|-----------------|---|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Tracheobionta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Dilleniidae |
| Orden | Ericales |
| Familia | Lecythidaceae |
| Subfamilia | Lecithydoideae |
| Género | Bertholletia |
| Especie | Bertholletia excelsa Castaña Amazónica |
| Nombre Común | Nuez de Brasil Castaña de Para |

FUENTE: Sernap, 2014

2.1.2.2. Morfología

La Castaña (*Bertholletia excelsa*), es un árbol grande que alcanza entre 30 y 50 m de altura. El tronco tiene de 1 a 3 m de diámetro. Puede vivir por 500 años o más. En la Amazonía peruana se han encontrado árboles de hasta 1200 años de antigüedad. El tronco es recto y no ramificado hasta la mitad de su altura, pero con una corona inesperada de ramas grandes sobre el pabellón de los otros árboles circundantes. La corteza es grisácea y lisa. Las hojas son caducas, alternas, simples, oblongas, de 20 a 35 cm de largo y 10 a 15 cm de ancho. Las flores son pequeñas, verdosas-blancuzcas; cada flor tiene un cáliz dividido en dos, seis pétalos amarillo-crema desigualmente coloreados, y estambres numerosos. Sus flores sólo se pueden polinizar mediante la acción de insectos lo suficientemente fuertes como para abatir las fuertes

lígulas de las flores y tener acceso al polen y al néctar que éstas producen. Las abejas *Eulaema mocsaryi* y *Xylocopa frontalis* son los principales polinizadores de esta planta (Motta Maués 2002; Cavalcante et al. 2012).

Otros visitantes florales son *Xylocopa aurulenta*, *Epicharis rustica*, *E. affinis*, *Centris similis*, *Eulaema nigrita*, *E. cingulata*, *Bombus brevivillus* y *B. transversalis* (Motta Maués, 2002).

2.1.3. Producción nacional

La única región privilegiada del Perú donde se encuentran bosques con suficientes árboles de castaña para generar una actividad económica en torno a la recolección de sus frutos, es Madre de Dios. Esta región cubre el 100% de la producción nacional, y, se estima que los bosques naturales castañeros ocupan un área aproximada de 2.5 millones de hectáreas que representan el 30% de la superficie de la Región. (Minag, 2012).

La actividad castañera es de vital importancia en la región de Madre de Dios, alrededor del 20%-25% de su población dependen directa e indirectamente de la misma. Así mismo, genera aproximadamente el 67% del total de ingresos anuales de las familias que se dedican a esta actividad. (Álvarez y Ríos, 2006).

En la Región de Madre de Dios, el periodo de dispersión o caída de los frutos del árbol de la castaña ocurre entre los meses de diciembre y marzo. El periodo de zafra o de recolección y chancado-partido de los cocos para el aprovechamiento de las nueces ocurre entre los meses de enero y abril. (ACCA, 2009).

Perú ocupa el segundo lugar en los países con mayor exportación de castaña pelada con un valor de 30,609,000.00 dólares en el año 2015 un valor exportado muy inferior al mayor exportador de castaña pelada que es Bolivia con un valor exportado en el 2015 de 172,780,000.00 dólares.

Tabla 2: Cantidad y Valor exportado de Castaña

| Años | Volumen Bruto TN | Valor Unitario Promedio US\$ / Kg | Valor FOB US\$ (miles \$) |
|-------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| 2010 | 235 | 4.94 | 1,159.00 |
| 2011 | 131 | 7.71 | 1,009.00 |
| 2012 | 199 | 9.74 | 1,940.00 |
| 2013 | 3,379 | 6.61 | 22,339.00 |
| 2014 | 4,345 | 6.66 | 28,949.00 |
| 2015 | 4,087 | 7.49 | 30,609.00 |

FUENTE: TRADEMAP; Elaboración propia, 2015.

La gran proporción de castaña pelada se va a intermediarios o empresas exportadoras, quedándose para el mercado nacional una pequeña fracción. Perú ocupa el segundo lugar de exportaciones en dólares, el principal exportador es Bolivia.

La demanda de Castaña es 100% pelada o sin cascara la que se ofrece tanto en el mercado interno y el mercado internacional, como, el mercado nacional es un mercado por descubrir sensibilizando a la gente y gracias al aumento de consumo de productos naturales que creció en un 5% según Arellanos marketing con un volumen demandado de 1000 kilos al año 2015. Del total de volumen procesado, aproximadamente el 4% es castaña de tercera, es decir castaña partida, que es destinada para el mercado nacional como insumo para confitería, derivados, la extracción del aceite y otros, es decir que en el último año se produjeron aproximadamente 1,000 TN de castaña de tercera.

2.1.4. Composición química

La semilla es altamente calórica, debido a su alta concentración de lípidos y proteínas (tabla 3), aunque sea deficiente en Lisina, Isoleucina y Treonina, es una excelente fuente de aminoácidos sulfurados, metionina y cisteína. (Sotero et al., 2011).

La castaña es uno de los pocos frutos con altos valores en selenio, según Sotero et al, (2011) obtuvo valores de 0.03 a 512 ppm de este elemento con muestras frescas de distintas regiones de la Amazonía brasileña. La presencia de selenio en la dieta ha sido asociada con la protección contra el desarrollo de tumores en estudios realizados con animales de laboratorio, específicamente en la inhibición del cáncer de mama Sotero et al, 2011.

Tabla 3: Composición proximal de la Castaña:

| Componente | Porcentaje en 100g |
|-------------------|---------------------------|
| Humedad | 3.13 |
| Ceniza | 3.84 |
| Proteína | 14.29 |
| Grasa | 67.30 |
| Carbohidratos | 3.42 |
| Fibra | 8.02 |
| Selenio (mg/kg) | 2.04 |

FUENTE: Souza, Menezes, 2004.

En la Tabla 4 se puede observar la ventaja de la proteína de la castaña con respecto a otros granos. En cuanto al contenido de carbohidratos es muy bajo en comparación con los cereales.

Tabla 4: Composición proximal (%) de castaña con otros granos

| Grano | Humedad | Ceniza | Proteína | grasa | Carbohidratos | Fibra |
|----------------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------|
| Castaña ¹ | 3.13 | 3.48 | 14.29 | 67.30 | 3.42 | 8.02 |
| Trigo | 11.6 | 1.5 | 10.3 | 1.9 | 74.7 | 3.0 |
| Quinua | 11.5 | 2.5 | 13.6 | 5.8 | 60.7 | 1.9 |
| Arroz | 13.4 | 0.5 | 7.8 | 0.7 | 77.6 | 0.4 |
| Maiz | 15 | 2 | 13 | 4 | 66 | 3 |

FUENTE: Tablas Peruanas de Alimentos, 2009.

La tabla 5 muestra el contenido de aminoácidos esenciales en comparación con los cereales, se muestra superior en contenido de Leucina, Metionina, Cisteína en comparación a la quinua y los cereales.

Tabla 5: Contenido de aminoácidos en castaña y cereales (g/100g proteína)

| Componentes | Castaña¹ | Trigo | Arroz | Quinua |
|-------------------------|----------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Histidina | 3.11 | 2.0 | 2.1 | 3.2 |
| Isoleucina | 3.09 | 4.2 | 4.1 | 4.4 |
| Leucina | 8.58 | 6.8 | 8.2 | 6.6 |
| Lisina | 4.53 | 2.6 | 3.8 | 6.1 |
| Metionina + Cisteína | 9.45 | 3.7 | 3.6 | 4.8 |
| Fenilalanina + Tirosina | 8.13 | 8.2 | 10.5 | 7.3 |
| Triptófano | 1.10 | 1.2 | 1.1 | 1.1 |
| Treonina | 3.02 | 2.8 | 3.8 | 3.8 |
| Valina | 5.12 | 4.4 | 6.1 | 4.5 |

FUENTE: Souza, Menezes, 2004.

La castaña tiene un importante contenido de vitaminas como la vitamina B1 (tiamina) y vitamina E, en mucha mayor cantidad en comparación a los cereales (tabla 6).

Tabla 6: Contenido de vitaminas en castaña (mg/100g)

| Componentes | Castaña ¹ | Trigo | Arroz | Quinoa |
|---------------------|----------------------|-------|---------|---------|
| Vitamina B1 | 0.9-1.1 | 0.5 | 0.2 | 0.2-0.4 |
| Vitamina B2 | 0.04 | 0.2 | 0.1 | 0.2-0.3 |
| Niacina | 0.2 | 5.5 | 1.9 | 0.5-0.7 |
| Vitamina C | -- | 0.0 | 3.4-7.2 | 16.4 |
| α -tocoferol | 6.5 | -- | -- | -- |
| β -tocoferol | 11 | -- | -- | -- |
| Ácido fólico* | -- | 78.0 | 20.0 | 78.1 |
| Caroteno* | -- | 64.0 | 0.0 | 5300 |

FUENTE: De la Cruz, 2009.

*Expresado en $\mu\text{g}/100\text{g}$

1. Sotero et al., 2011.

En cuanto al contenido de minerales la castaña es rica en potasio, magnesio, cinc y selenio, siendo uno de los pocos alimentos en contener selenio dentro de su composición (Tabla 7) en comparación con otros alimentos, los cuales carecen de este componente.

Tabla 7: Contenido de minerales en castaña y otros alimentos (mg/100g)

| Componentes | Castaña ¹ | Trigo | Arroz | Quinoa |
|----------------|----------------------|-----------|-------------|--------------|
| Potasio | 1957.97 | 370.0 | 70.0-150.0 | 845.0-1201.0 |
| Magnesio | 676.80 | 128.0 | 48.0-60.0 | 161.0-2650.0 |
| Sodio | 675.00 | 3.0 | 8.0-9.0 | 2.7-22.0 |
| Selenio | 38.67 | -- | -- | -- |
| Calcio | 34.27 | 29.0-48.0 | 0.0-40.0 | 70.0-874.0 |
| Cinc | 6.12 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Hierro | 5.59 | 11.5 | 3.0 | 6.3-81.0 |
| Manganeso | 3.11 | 5.0 | 2.0 | 1.9-33.0 |
| Cobre | 3.29 | 0.5 | 10.3-0.7 | 0.7-1.0 |
| Fósforo | -- | 355.0 | 160.0-230.0 | 355.0-5350.0 |

FUENTE: De la Cruz, 2009.

1. Sotero et al., 2011.

La fibra dietaria está compuesta de las fracciones solubles e insolubles. La fibra dietaria insoluble contiene: Celulosa, algunas hemicelulosas y lignina, mientras que la fibra dietaria soluble contiene: gomas, pectinas y partes solubles de hemicelulosas (Ruales, 1994). La fibra soluble es importante por los beneficios que aporta en el proceso de digestión, por su capacidad para absorber agua, iones, compuestos orgánicos y formar geles. La Tabla 6 nos detalla el contenido de fibra insoluble, soluble y la fibra dietética total presentes en la castaña.

Tabla 8: Contenido de fibra en castaña en 100g

| Alimento | Fibra insoluble | Fibra soluble | FDT |
|-----------------|------------------------|----------------------|------------|
| Castaña | 4.89 | 3.12 | 8.02 |

FUENTE: Souza, Menezes, 2004.

2.1.5. Selenio en castaña

El selenio, es un oligoelemento esencial en la salud. Por muchos años, el selenio ha sido considerado tóxico para los animales cuando es ingerido en altas dosis. Recientemente se ha descubierto que en cantidades muy pequeñas es necesario en la dieta. (Anderson et al., 1988).

El selenio retarda el envejecimiento, preserva la elasticidad de los tejidos, previene el cáncer y neutraliza los radicales libres. En los hombres aumenta la potencia y el interés sexual, y suple la carencia generada de selenio perdido en el semen. (Alvarenga, 2002).

El aporte alimenticio diario de selenio varía de un país a otro, 200µg para los canadienses y solamente 30µg para los finlandeses, en Francia el aporte medio/día es de 46µg, el Consejo Americano de Investigación recomienda 1µg por kilo de peso corporal al día. Chang, afirma que cerca de 0.5 a 1µg/kg/peso de selenio al día, es suficiente para los requerimientos dietéticos de los humanos. (Sotero, 2011).

2.1.6. Usos de la castaña

La castaña es rica en proteína y aminoácidos esenciales, pueden ser consumidas en forma cruda, tostada o como ingrediente de una gran variedad de dulces y manjares. De las semillas del árbol de la castaña, se obtiene también un aceite rico en grasas no saturadas, que tienen tendencia a reducir el nivel de colesterol en la sangre. En forma industrial se usa para la elaboración de cosméticos y jabones finos. Es un producto ideal para personas con problemas nutricionales o para aquellas que hacen ejercicio físico como complemento energizante y en sus dietas. (MINAG, 2012).

2.2. TRIGO

2.2.1. Generalidades del trigo

Siendo el trigo el cereal más importante, es por lo tanto uno de los más estudiados. Se cultiva principalmente en Europa, Canadá y Estados Unidos. Se divide en tres categorías según su contenido de proteínas. (Ramirez, 2007).

- **Trigos duros (*Triticum durum*):** Se caracterizan por un contenido importante en proteínas (13.5 – 15.0%) y bajo contenido de agua. La harina que producen estos trigos se utiliza principalmente en la producción de pastas.
- **Trigos semiduros (*Triticum vulgare*):** Son menos ricos en materia proteica (12 – 13%), contienen un poco más de agua. Se utilizan principalmente para la fabricación de pan.
- **Trigos blandos (*Triticum club*):** Son muy ricos en almidón proporcionando una harina muy blanca, contiene poca materia proteica (7.5 – 10%). Se utiliza para la fabricación de galletas, pasteles, etc.

2.2.2. Taxonomía y morfología

Tabla 9: Clasificación taxonómica del trigo

| TAXONOMÍA DEL TRIGO | |
|----------------------------|------------------|
| Reino | Vegetal |
| Subreino | Fanerógamas |
| División | Cheteriodophitas |
| Subdivisión | Angiospermas |
| Clase | Monocotiledonas |
| Orden | Cereales |
| Familia | Gramínea |
| Género | Triticum |
| Especie | Vulgare |
| N. Científico | Triticum vulgare |
| N. Común | Trigo |

FUENTE: Gallejo, 2002.

2.2.3. Composición química del trigo

Los hidratos de carbono son sustancias particularmente energéticas; representan alrededor del 90% del peso seco de los granos de cereales, el almidón es el carbohidrato más importante de todos los cereales que constituye aproximadamente el 64% de la materia seca del grano entero de trigo (Gallejo, 2002).

En el grano de trigo también se encuentran pentonasos, hemicelulosas, celulosa, β -glucanos y glucofructanos, que son polisacáridos constituyentes de la pared celular y abunda más en las porciones externas del grano. (Martinez, 2002).

Los constituyentes fundamentales del trigo son: almidón, proteínas solubles e insolubles, lípidos, azúcares, sales minerales, vitaminas, elementos celulósicos y agua (tabla 10).

Tabla 10: Composición química del trigo y sus derivados en 100g de alimento

| CÓDIGO | Nombre del alimento | Energía Kcal | Energía KJ | Agua g | Proteínas g | Grasa Total g | Carbohidratos totales g | Carbohidratos Disponibles g | Fibra Cruda g | Fibra dietaria g | Cenizas g |
|--------|--------------------------------------|--------------|------------|--------|-------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|-----------|
| A-01 | Trigo, harina fortificada con hierro | 354 | 1480 | 10.8 | 10.50 | 2.0 | 76.3 | 73.6 | 1.5 | 2.7 | 0.4 |
| A-02 | Trigo, Ilunka | 312 | 1307 | 16.1 | 9.10 | 1.0 | 71.8 | 71.8 | 2.9 | - | 2.0 |
| A-03 | Trigo, harina tostada (machica) | 347 | 1453 | 9.0 | 7.90 | 1.2 | 79.9 | 77.2 | 4.1 | 2.7 | 2.0 |
| A-04 | Trigo, mote (sancochado) | 154 | 644 | 59.0 | 2.50 | 0.6 | 37.0 | 37.0 | 1.1 | - | 0.9 |
| A-05 | Trigo para mote pelado cocido | 69 | 289 | 82.9 | 1.90 | 0.1 | 14.7 | 14.7 | 0.2 | - | 0.4 |
| A-06 | Trigo para mote pelado crudo | 355 | 1484 | 12.5 | 9.80 | 0.9 | 74.6 | 74.6 | 0.7 | - | 2.2 |
| A-07 | Trigo, pelado | 359 | 1503 | 12.6 | 8.40 | 1.4 | 76.1 | 76.1 | 2.0 | - | 1.5 |
| A-08 | Trigo resbalado cocido | 90 | 379 | 77.9 | 2.80 | 0.3 | 18.6 | 18.6 | 0.3 | - | 0.4 |
| A-09 | Trigo resbalado crudo | 357 | 1494 | 13.5 | 11.40 | 1.8 | 71.8 | 71.8 | 1.3 | - | 1.5 |
| A-10 | Trigo, sémola | 335 | 1403 | 12.1 | 7.80 | 1.1 | 78.4 | 74.5 | 0.9 | 3.9 | 0.6 |
| A-11 | Trigo | 303 | 1267 | 11.6 | 10.30 | 1.9 | 74.7 | 62.5 | 3.0 | 12.2 | 1.5 |

| CÓDIGO | Calcio mg | Fósforo mg | Zinc mg | Hierro mg | β caroteno equivalentes totales μ g | Retinol μ g | Vitamina A Equiv. totales μ g | Tiamina mg | Riboflavina mg | Niacina mg | Vitamina C mg | AscT mg |
|--------|-----------|------------|---------|-----------|---|-----------------|-----------------------------------|------------|----------------|------------|---------------|---------|
| A-01 | 36 | 108 | 0.70 | 5.50 | - | 0.00 | 0.0 | 0.50 | 0.40 | 4.80 | 1.80 | - |
| A-02 | 60 | 250 | - | 1.60 | - | 0.00 | - | 0.33 | 0.26 | 1.95 | 2.00 | - |
| A-03 | 67 | 300 | 0.70 | 0.90 | - | 0.00 | 0.0 | 0.10 | 0.48 | 2.11 | 2.70 | - |
| A-04 | 38 | 118 | - | 2.50 | - | 0.00 | - | 0.01 | 0.07 | 1.57 | 0.40 | - |
| A-05 | 29 | 45 | - | 0.40 | - | - | - | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 0.00 | - |
| A-06 | 80 | 274 | - | 2.50 | - | - | - | 0.18 | 0.23 | 4.00 | 0.90 | - |
| A-07 | 51 | 293 | - | 4.60 | - | 0.00 | - | 0.22 | 0.15 | 3.85 | - | - |
| A-08 | 5 | 66 | - | 0.50 | - | - | - | 0.06 | 0.02 | 0.90 | 0.70 | - |
| A-09 | 17 | 299 | - | 4.80 | - | - | - | 0.30 | 0.17 | 5.00 | 4.50 | - |
| A-10 | 40 | 125 | 1.05 | 0.80 | - | 0.00 | 0.0 | 0.14 | 0.08 | 1.21 | 0.00 | - |
| A-11 | 36 | 314 | 2.98 | 3.87 | 169.0 | 0.00 | 0.0 | 0.42 | 0.17 | 3.89 | 4.80 | - |

FUENTE: MINSA, 2009.

El grano contiene un 2 – 3% de germen, un 13 – 17% de salvado (incluyendo la aleurona) y un 80 – 85% de endospermo, figura 3. El endospermo es fundamentalmente de tipo harinoso (80%) y la matriz proteica es más degradable que la del maíz, por lo que tanto la proteína como el almidón del trigo son altamente fermentables en el rumen. La proporción de endospermo córneo aumenta, y la degradabilidad rumial disminuye, en las variedades de trigo duro. (Elizondo, 2007).

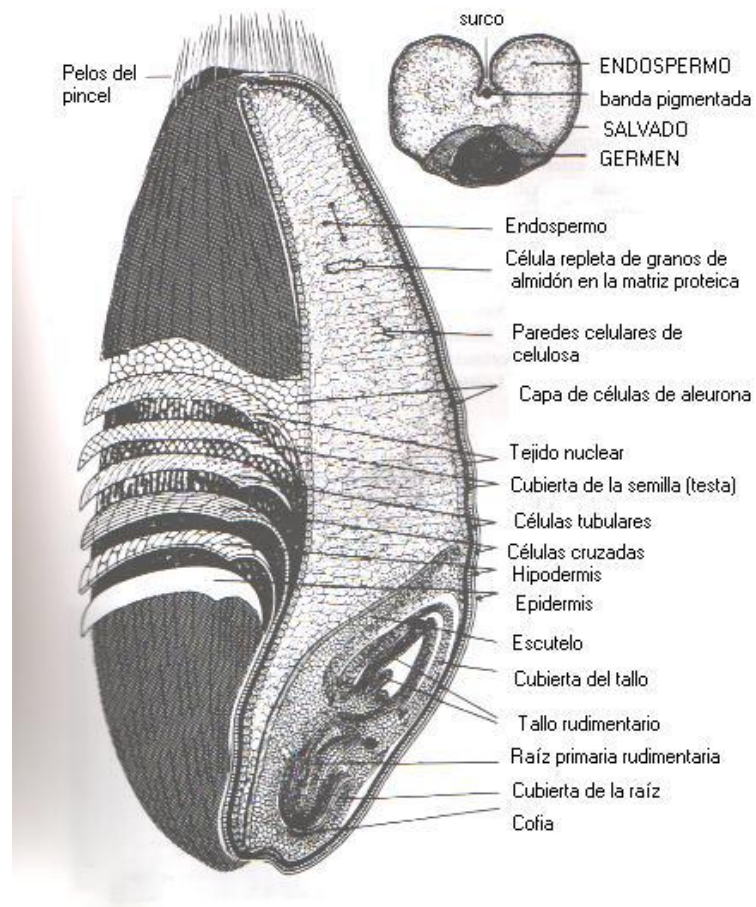


Figura 2: Estructura del grano de trigo

Fuente: Elizondo, 2007

En el trigo existen concentraciones relativamente bajas de azúcares y oligosacáridos, resultantes de la degradación del almidón, por lo que sus niveles aumentan durante la preparación de la masa. Los oligosacáridos de

la harina de trigo son la maltotriosa, maltotetrosa y la maltopentosa. (Astiasaran, Martinez, 2002).

En la tabla 11 aparece reflejada la composición química de las diferentes partes del grano de trigo. En ella se puede observar que los diferentes constituyentes químicos aparecen en todos los tejidos en diferentes proporciones. (Gallejo, 2002).

Tabla 11: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo (en % sobre materia seca)

| Parte del grano (% masa del grano) | Proteínas | Lípidos | Materias minerales | Celulosa | Hemicelulosa | Almidón |
|---|-----------|---------|-----------------------|----------|--------------|---------|
| Pericarpio (4%) | 7-8 | 1 | 3-5 | 25-30 | 35-43 | 0 |
| Tegumento seminal (1%) | 15-20 | 3-5 | 10-15 | 30-35 | 25-30 | 0 |
| Epidermis nuclear envuelta proteica (7 - 9%) | 30-35 | 7-8 | 6-15 | 6 | 30-35 | 10 |
| Germen (3%) | 35-40 | 15 | 5-6 | 1 | 20 | 20 |
| Endospermo (82-85%) | 8-13 | 1 | 0.35-0.60 | 0.3 | 0.5-0.3 | 70-85 |
| Grano entero (100%) | 10-14 | 1.5-2.5 | 1.6-2.1 | 2-3 | 5-8 | 60-70 |

FUENTE: Gallejo G. 2002.

La composición química de la harina de trigo depende del grado de extracción. A medida que aumenta el grado de extracción, disminuye la proporción de almidón y aumenta el contenido de componentes de las envolturas, como minerales, vitaminas y fibra alimentaria. En la tabla 12 se muestra la composición de la harina de trigo según su grado de extracción (Astiasaran, Martinez, 2002).

Tabla 12: Composición media de las harinas de trigo

| Grado de extracción | 40-56% | 64-71% | 76-79% | 82-85% | 100% |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|------|
| Almidón | 84.4 | 81.8 | 78.8 | 78.2 | 66 |
| Proteína (Nx6.25) | 11.7 | 12.3 | 13 | 13 | 14.8 |
| Lípidos | 1 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.3 |
| Fibra bruta | 3.7 | 3.7 | s.d. | 4.9 | 10.9 |
| Mineralez (cenizas) | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.7 |

FUENTE: Belitz & Grosh, 1997. Citado por Astisaran & Martines 2002.

La cantidad de azúcares naturales presentes en la harina es relativamente pequeña pero suficiente para su utilización como substrato por las levaduras en procesos no prolongados de fermentación de las masas. Los azúcares en la harina aparecen en forma de sacarosa en mayor proporción, aunque también existen cantidades menores de azúcares reductores. La glucosa que se encuentra en un 1% y la sacarosa en 0.5 – 4%, a pesar de su pequeña cantidad juegan un papel muy importante en la panificación.

En el germen encontramos rafinosa (trisacárido formado por fructosa, glucosa y galactosa), levosina (fructosa y glucosa), celulosa y arabinosa en la capa externa. La maltosa no existe, sólo se forma por hidrólisis amiolítica del almidón. (Ramirez, 2007).

Tabla 13: Contenido de azúcares solubles en etanol del 80% de harinas de trigo

| Azúcar (%) | H. de trigo de primavera | H. de trigo duro |
|----------------|--------------------------|------------------|
| Fructosa | 0.02 - 0.08 | 0.04 - 0.09 |
| Glucosa | 0.01 - 0.09 | 0.02 - 0.04 |
| Sacarosa | 0.19 - 0.26 | 0.26 - 0.57 |
| Maltosa | 0.07 - 0.10 | 0.10 - 0.15 |
| Oligosacáridos | 1.26 - 1.31 | 0.67 - 1.05 |

FUENTE: Ramirez, 2007.

La teoría más aceptada que explica la formación del gluten es la de hidratación, según la cual hay un efecto coloidal, donde las proteínas y el almidón embeben agua e interactúan para formar un enrejado tridimensional, mediante la formación de puentes disulfuro y de hidrógeno. Es fundamental el potencial redox del medio, por lo que los agentes oxidantes y reductores afectarán la formación y la estabilidad del gluten. (Ramirez, 2007).

Dentro de la fracción soluble se encuentra la fracción de las albúminas, dentro de las que se han aislado de 7 a 11 bandas de electroforéticas que poseen diferente peso molecular y punto isoeléctrico. La leucosina es la que se presenta en mayor proporción y no se le conoce una función específica.

Existen en la harina otras sustancias de estructura y composición más simple como péptida y aminoácidos.

El gluten no sólo contiene proteínas, sino también se encuentran lípidos, cenizas e hidratos de carbono. (Ramirez, 2007).

Tabla 14: Composición de algunos aminoácidos esenciales de las fracciones de proteínas de la harina de trigo (g/100g de proteína)

| Aminoácidos | Albúmina | Globulina | Gliadina | Glutenina |
|--------------|----------|-----------|----------|-----------|
| Lisina | 3.60 | 3.84 | 0.56 | 1.67 |
| Treonina | 3.61 | 3.43 | 1.80 | 2.39 |
| Valina | 5.33 | 3.39 | 3.13 | 3.46 |
| Metionina | 1.88 | 1.22 | 0.95 | 1.29 |
| Isoleucina | 3.50 | 3.26 | 3.43 | 3.22 |
| Leucina | 6.39 | 6.36 | 5.73 | 6.15 |
| Fenilalanina | 3.51 | 3.72 | 4.88 | 4.63 |

FUENTE: Gallejo G., 2002.

2.3. HARINA

2.3.1. Harina de trigo

2.3.1.1. Definición

Por harina de trigo se entiende al producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum L.* u otro 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 (Codex Alimentarius 152, 2016).

2.3.1.2. Composición química

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del trigo, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda. (Calaveras, 2003).

Tabla 15: Composición química de la harina de trigo

| Componente | Harina 100% extracción |
|---------------------------|-------------------------------|
| Proteínas | 12 – 13% |
| Lípidos | 2.2% |
| Almidón | 67% |
| Cenizas (materia mineral) | 1.5% |
| Vitaminas (B y E) | 0.12% |
| Humedad | 13 – 15% |
| Fibra (salvado) | 11% |
| Azúcares | 2 – 3% |

FUENTE: Calaveras (2003).

2.3.1.3. Principales componentes de la harina

- **Carbohidratos:** Se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Constituyen la mayor parte del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua es el almidón.

Dada su higroscopicidad, existe una competencia directa entre las proteínas y el almidón al añadir el agua al amasado.

El almidón está compuesto fundamentalmente por glucosa y aunque se pueden encontrar otros elementos en pequeñas cantidades, estos han aparecido a niveles tan bajos que no se ha podido determinar si son oligoelementos del almidón o contaminantes no eliminados en el proceso de extracción. Entre estas sustancias menores destaca la presencia de lípidos y también de minerales como el fósforo y nitrógeno, el primero en forma de fosfolípidos y el segundo bien como componente proteico o lipídico.

Básicamente el almidón está constituido por polímeros de α -D-glucosa pudiéndose distinguir dos tipos:

- Amilosa
- Amilopéctina

Amilosa:

Se trata de un polímero lineal de α -D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -1,4. Debido al enlace α -1,4 los anillos de glucosa no se encuentran en una misma zona planar por lo que la amilosa no es una cadena plana, sino que forma un ángulo cada glucosa con su anterior, dando lugar a una hélice tubular estabilizada con puentes de hidrógeno. El peso molecular de la amilosa es del orden de 250,000 pero varía mucho dependiendo de la especie, variedad y estado de maduración. Se presenta en forma cristalina debido al gran número de enlaces por puentes de hidrógeno existentes entre grupos hidroxilos.

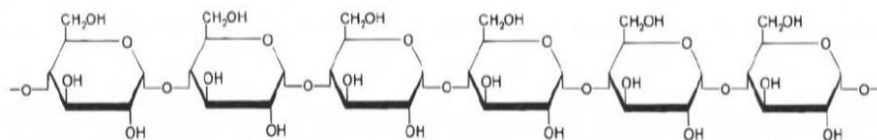


Figura 3: Estructura amilosa

Esta naturaleza lineal y la longitud de las cadenas, confieren a la amilosa algunas propiedades únicas, como su capacidad para formar complejos con el yodo, alcohol o ácidos orgánicos, denominados complejos de inclusión helicoidal, siendo en el caso de los compuestos formados con yodo especialmente curioso, ya que el yodo, al incluirse en el hueco central de la hélice, da un típico color azul, que puede ser utilizado como criterio de identificación. La particular naturaleza de la amilosa, es también responsable de la tendencia a asociarse consigo misma y precipitar en la solución. La

amilosa cristaliza fácilmente de una solución o se retrograda. La retrogradación es el término utilizado para denotar la cristalización en geles de almidón. (Callejo G., 2002).

Amilopectina:

La amilopectina está formada por α -D-glucosa unida por enlaces α -1,4. La amilopectina está mucho más ramificada que la amilosa con un 4 – 5% de enlaces α -1,6. La molécula de amilopectina es enorme, 10^8 de peso molecular y más de medio millón de restos de glucosa, una de las mayores que se encuentra en la naturaleza. La forma de la amilopectina se asemeja a un ovillo, reticulado en las tres dimensiones, en el que cada 20-25 anillos de glucosa existe una ramificación en α -1,6. (Callejo, 2002).

Durante la cocción, la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Las moléculas de amilopectina retrogradan, tienen poca tendencia a la recristalización y, por tanto poseen elevado poder de retención de agua. (Callejo, 2002).

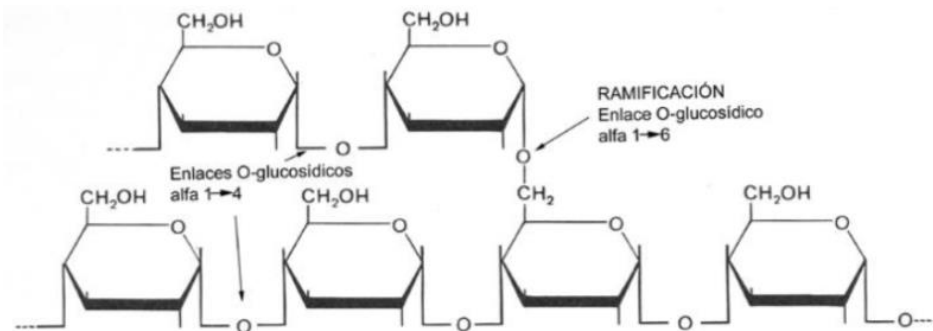


Figura 4: Estructura amilopectina

Propiedades características de los almidones

Las alteraciones que sufre el almidón al ser calentado con agua, son las responsables de las características particulares de muchos de los alimentos como por ejemplo la viscosidad y tacto al paladar de salsas.

Cuando se coloca el almidón en agua, ésta penetra libremente por el grano, o en realidad, por la mayoría de las moléculas pequeñas. El almidón puede retener un 30% de su peso seco en forma de humedad. El grano se hincha ligeramente; el cambio de volumen y la absorción de agua son reversibles, y el calentamiento del sistema hasta justamente por debajo del punto de gelificación, no originará ninguna otra alteración. Sin embargo, el calentamiento a temperaturas superiores, produce alteraciones irreversibles. (Calaveras, 2003).

Si calentamos a velocidad constante una disolución de almidón en agua se observa que entre 50 – 57 °C, la viscosidad aumenta; esto coincide con la denominada pérdida de birrefringencia. El calentamiento prolongado en exceso de agua, conduce a un aumento superior adicional de la viscosidad. Este comportamiento se hace patente en aparatos como el amilógrafo. (Calaveras, 2003).

El aumento de viscosidad que se produce al calentar el almidón en agua, es principalmente, el resultado de la absorción de agua e hinchamiento del almidón. Al continuar el calentamiento, se distorsiona el grano de almidón y pasa a la solución almidón soluble; este almidón y la continuada absorción de agua por lo que queda de los granos de almidón, son los responsables del aumento de viscosidad. Estas alteraciones que se producen después de la gelificación (pérdida de birrefringencia) se llama “pasting” o empaste. La solubilización del almidón es continua. No es completa mientras no se haya solubilizado totalmente la estructura granular. En exceso de agua, esto se producirá a temperatura superior a 120 °C. Por lo tanto, en ningún sistema de alimento será posible alcanzar el empaste completo o completa solubilización del almidón. (Calaveras, 2003).

En el amilógrafo la temperatura no puede exceder de 100 °C, pues el sistema herviría, por eso, el calentamiento se detiene al llegar a los 95 °C, manteniendo la temperatura durante una hora. Se dice entonces

que el almidón está “cooked” (cocido). Como se puede ver en el amilograma de la figura 5, la viscosidad del sistema con almidón, disminuye mientras se mantiene el calentamiento a 95 °C durante una hora. La disminución de viscosidad es debida a la orientación de las moléculas del almidón soluble en el sentido de la agitación del sistema. Este fenómeno llamado “shear thinning” (aclarado mecánico), es una propiedad importante de las pastas de almidón. (Calaveras, 2003).

Tras el periodo de calentamiento de una hora a 95 °C, el procedimiento del amilógrafo tiene un enfriamiento controlado desde 95 °C a 50 °C. Esto da lugar a un rápido crecimiento de la viscosidad. Este incremento se conoce como “setback” (vuelta al endurecimiento). (Calaveras, 2003).

Cuando se han calentado los gránulos de almidón con agua suficiente a temperatura suficientemente alta para que gelifique (perdida birrefringencia) y se ha solubilizado parcialmente el almidón, se dice que se han empastado. Por lo tanto, la pasta de almidón puede variar, desde los gránulos gelatinizados con solamente una pequeña cantidad de almidón soluble, hasta un sistema en el cual prácticamente todo el almidón es soluble y no se pueden encontrar sustancialmente restos de gránulos. (Calaveras, 2003).

Un gel es un sistema líquido que tiene las propiedades de un sólido. En los geles, una pequeña cantidad de sólido controla gran cantidad de agua. Los cálculos demuestran que la distancia entre las cadenas de almidón, son muy grandes comparadas con el tamaño de la molécula de agua. (Calaveras, 2003).

Se puede imaginar el gel como cadenas de almidón con capas de moléculas de agua retenidas por puentes de hidrógeno. Al ir enfriándose la pasta de almidón, las cadenas van perdiendo energía y los enlaces hidrógeno se hacen más fuertes proporcionando firmeza al gel. Al envejecer el gel, las cadenas del almidón tienden a

interactuar fuertemente entre sí, forzando al agua a salir del sistema. La expulsión de agua del gel se llama sinéresis. (Calaveras, 2003). El almacenamiento más prolongado da lugar a mayor interacción entre las cadenas de almidón y eventualmente a la formación de cristales. Este proceso, llamado retrogradación, es la cristalización de cadenas de almidón en el gel. Como el área cristalizada altera el índice de refracción, el gel se va volviendo más opaco a medida que la retrogradación progresa. Además, se vuelve más rígido o como goma, quizás en parte como resultado de la cristalización, y en parte precisamente por la interacción de las cadenas de almidón. Se cree que el proceso de la retrogradación está implicado en el endurecimiento de productos horneados como el pan. (Calaveras, 2003).

La amilosa es la responsable de la retrogradación del almidón como consecuencia de su estructura linear. La amilopectina tiene poca tendencia a retrogradar como consecuencia de su estructura ramificada poco apta para la formación de redes moleculares. (Hoseney, 2000).

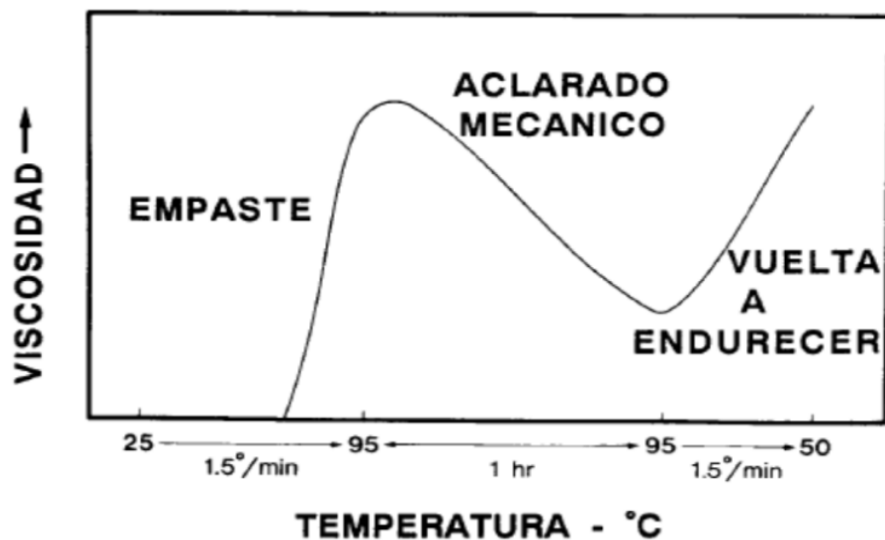


Figura 5: Amilograma de un sistema almidón-agua mostrando empaste, aclarado mecánico y vuelta al endurecimiento.

Fuente (Hoseney, 2000)

- **Humedad:** La humedad de la harina oscila alrededor de 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió la humedad se debe compensar echándole más agua en el mezclado. (NTP-2011).

- **Cenizas:** El porcentaje de materia mineral de la harina es pequeño, no obstante, influye extraordinariamente en la calidad y comportamiento de la misma. La materia mineral se encuentra en el residuo que queda cuando se incinera la harina. Las materias orgánicas como el almidón, las proteínas, los azúcares, etc., se queman, pero los minerales permanecen en forma de ceniza.

Las sales minerales de la harina tienen su papel en la fermentación contribuyendo a la alimentación de las levaduras e influyen también en la formación del gluten.

El porcentaje de materia mineral en la harina está, por tanto, en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se hayan añadido materia extraña (Granja y Calaveras, 2003).

- **Proteínas:** Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector de panificación. (Pantanelli, 2009).

La cantidad de proteína determina las propiedades de panificación de la harina, y sus características generales y naturaleza coloidal determinan su calidad. (Pantanelli, 2009).

Entre las harinas de los cereales, solamente la de trigo tiene la habilidad de formar una masa fuerte, cohesiva, y capaz de retener el gas producido por la fermentación, dando por cocción un producto esponjoso.

Las características particulares del trigo, se atribuyen fundamentalmente a las proteínas presentes en su composición y más concretamente a las proteínas de reserva gliadinas y gluteninas las

cuales poseen la propiedad de combinarse con agua dando lugar al gluten, responsable directo de la capacidad de la masa de retener gas. El gluten es insoluble en agua y por tanto puede aislarse sometiendo la masa (harina + agua) a un trabajo mecánico bajo corriente de agua, la cual arrastrará el almidón y demás constituyentes solubles quedando el gluten. Una vez aislado se observa que el gluten posee unas propiedades características (cohesividad, extensibilidad, elasticidad) propias de la masa panaria. (Calaveras, 2003).

- **Gluten:** Está constituido por dos fracciones de proteínas del trigo insolubles en agua, denominadas gluteninas y gliadinas y que representan el 85% del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo. (Calaveras, 2003).
- **Gluteninas:** Pertenecen al grupo de las glutelinas, con alto peso molecular que oscila entre unos 100.000 y varios millones, y cadenas ramificadas. Físicamente, la proteína es elástica, pero no coherente. La glutenina confiere aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión. (Calaveras, 2003).
- **Gliadinas:** Pertenece al grupo de las prolaminas, con un peso molecular medio de unos 40.000, son de cadena simple y son extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia de la masa.

En resumen, las gliadinas son responsables de la cohesividad de la masa, mientras que las gluteninas lo son de la elasticidad, pero es necesario que exista un equilibrio entre ambas. Para que el gluten sea estable y se forme, es necesario que se establezcan enlaces intermoleculares que lo estabilicen, y son del tipo disulfuro, puentes de hidrógeno, enlaces hidrofóbicos e iónicos. Las proteínas del gluten están constituidas por gran cantidad de aminoácidos, siendo deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y metionina, considerándose a la proteína del trigo de baja calidad, sin embargo, poseen un elevado contenido en glutamina. (Callejo, 2002).

- **Grasa:** El contenido de grasas inhiben el desarrollo del gluten interrumpiendo la continuidad de la matriz de gluten y las masas se vuelven cortas, no extensibles (de aquí el término “Shortenings”). Además, imparten tolerancia al mezclado, es decir, las masas se hacen menos sensibles a las variaciones de tiempo y velocidad; y disminuyen su adherencia a las superficies. La lubricación o recubrimiento de otros ingredientes por parte de la grasa en forma de manteca o aceite reduce el efecto abrasivo del azúcar y la harina durante el mezclado y el procesamiento. Inhibe la absorción de agua en la harina y de otros materiales absorbentes como fibras y gomas. (American Soybean Association, 2009).

En las harinas se pueden distinguir básicamente dos tipos de lípidos en lo que a su papel en el proceso de panificación se refiere:

- Los lípidos enlazados dentro del gránulo de almidón con las cadenas helicoidales de amilosa, fundamentalmente monoácidos.
- Lípidos libres, fundamentalmente triglicéridos, glucolípidos y fosfolípidos.

En el proceso de panificación los más importantes serán los libres y de ellos los polares ya que van a actuar como agentes humectantes facilitando la hidratación de la harina y la ordenación y deslizamiento

de las moléculas de proteína durante el amasado. Los lípidos polares se unirán a la proteína formando una doble capa de la que los grupos polares de los lípidos se asocian con restos proteicos polares mientras que los grupos lipídicos apolares se orientan hacia el interior de esa doble capa.

Por otra parte, el enranciamiento oxidativo de la fracción grasa produce un deterioro organoléptico de las harinas almacenadas, sin embargo en el proceso de panificación las oxidaciones que se dan en los lípidos de las harinas producirán compuestos, fundamentalmente carbonílicos, que influyen en las propiedades de la masa por formar enlaces cruzados y contribuyen al aroma característico del pan. (Callejo, 2002).

2.3.1.4. Tipos de harina

Tejero (2002) clasifica comercialmente las harinas en varios grupos, los más importantes son:

- **Harina Fuerza:** Es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder de trigos especiales o duros. Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse.
- **Harina Floja:** Son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de baja proteína como el trigo rojo blando de invierno. Se utiliza para bizcochos, queques y galletas. En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina de alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína. A este sistema de molienda se denomina molienda o separación por impacto. (Aguirre, 1997).

Las harinas, según sus tipos, se clasifican en: cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). La harina 000 corresponde a la harina de trigo, que se utiliza siempre en la elaboración de panes,

debido a su alto contenido de proteína posibilita la formación de gluten. Por su parte la harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten, sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería.

- **Harinas acondicionadas y enriquecidas:** Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna.

En estas ocasiones se le añaden cierto producto (aditivos) con el objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo proteínas (Gallegos, 2003).

Tabla 16: Composición de la harina de trigo

| Componentes | Mínimo (%) | Máximo (%) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Proteínas | 7.5 | 15.0 |
| Cenizas | 0.3 | 1.0 |
| Grasas | 1.0 | 1.5 |
| Fibras | 0.4 | 0.5 |
| Carbohidratos | 68.0 | 75.0 |

FUENTE: Gallegos, 2003.

2.3.1.5. Harina para productos de pastelería

Para elegir la harina ideal para pastelería hay que distinguir entre los tipos de pasteles ya que en la pastelería existen una gran variedad de artículos, de tal manera que para elaborar en condiciones óptimas cada uno de estos productos, es preciso disponer de harinas de las características requeridas en cada caso, que a continuación se describe:

- **Para pastas secas y mantecados:** Para la fabricación de dulces compactos y pastas secas en las que se emplea alto contenido de grasa y azúcares, la harina ha de ser bastante floja, puesto en caso de que se empleen harinas más fuertes las piezas serían demasiado tenaces y no desarrollarían bien en el horno. (Calaveras, 2003).
- **Para bizcochos:** En algunos bizcochos es necesario que resista un cierto grado de fractura y dejarse aplanar en capas y enrollar sin que llegue a quebrar. Las típicas de bizcochos son aquellas que poseen entre 7.5 y 8.5% de proteínas, de gluten extensible y poco tenaz, por lo tanto, una harina galletera o micronizada sería lo ideal. (Calaveras, 2003).
- **Para masas batidas:** En el caso de productos con masas batidas tal es el caso de los quequitos, cupcakes o magdalenas se recomienda el uso de las harinas denominadas Harina Micronizada, ya que han sido trituradas nuevamente reduciéndole el tamaño de la partícula. Una harina panificable, normal tiene entre 110 y 180 micras de granulometría, las harinas micronizadas son las que tienen una granulometría entre 40 y 80 micras. (Calaveras, 2003).

Este tipo de harina, al tener reducido el tamaño de la partícula, el gránulo queda mucho más hidratado, durante el batido de la masa, y por tanto el desarrollo y la esponjosidad del cupcake y de todas aquellas masas batidas es mayor en comparación con los productos elaborados con harina normal. Otra gran ventaja es que aumenta el rendimiento, puesto que en el proceso de micronización pierde humedad siendo más seca. Al mismo tiempo la absorción es 1.5% mayor que la harina normal. (Calaveras, 2003).

2.3.2. Control de calidad de las harinas

2.3.2.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de la harina es una característica muy importante en relación a un almacenamiento seguro. Según la norma del

ITINTEC, 1981, la harina no debe tener más del 15% de humedad. (Repo-Carrasco, 2002).

2.3.2.2. Proteína

Tanto la calidad como la cantidad de la proteína son importantes cuando queremos determinar el uso apropiado para una harina. La cantidad de proteína cruda de una harina está relacionada con el nitrógeno total, mientras la evaluación de su calidad se relaciona especialmente con las características físico-químicas de los componentes del gluten.

La cantidad de proteína se estima mediante el método de Kjeldahl que, en realidad, determina el contenido de nitrógeno y mediante la multiplicación con un factor se halla el contenido de proteína.

2.3.2.3. Prueba de cenizas

La prueba de cenizas se utiliza para medir el grado de extracción de la harina, porque el endospermo puro contiene muy pocas cenizas, mientras el salvado, capa aleurona y germen contienen mucho más. Esta prueba se ha utilizado durante mucho tiempo como una medida importante de la calidad de la harina.

En este método se incinera la harina en una mufla a una temperatura de 400 – 600°C durante 6 horas. Al finalizar este tiempo se pesa y se calcula como porcentaje de materia original. (Repo-Carrasco, 2002).

Según ITINTEC (1981) la harina se clasifica según su contenido de cenizas de la siguiente manera:

Tabla 17: Variación en el contenido de ceniza según el tipo de harina de trigo

| Harina | Contenido de ceniza |
|---------------|----------------------------|
| | % |
| Especial | 0.64 máximo |
| Extra | 0.65 – 1.0 |
| Corriente | 1.01 – 1.20 |

| | |
|---------------|-------------|
| Semi-integral | 1.21 – 1.40 |
| Integral | 1.41 mínimo |

FUENTE: Repo-Carrasco, 2002.

2.4. MEZCLAS ALIMENTICIAS (Sustitución Parcial)

Las mezclas alimenticias son combinaciones de diferentes alimentos: cereales, cultivos andinos, leguminosas, leche, etc., que se efectúa a fin de obtener un producto final comestible de alta calidad nutricional, con un balance adecuado de AA esenciales en una dieta. Las mezclas se destinan principalmente a la población infantil en riesgo de desnutrición a fin de cubrir mejor sus necesidades nutricionales.

La formulación de mezclas alcanza una nueva dimensión justificatoria, por cuanto pueden generar un ciclo económico basado en el servicio de nutrición, pero que beneficia a los agricultores, crea fuentes de trabajo, protege a la población de la desnutrición, reduce los costos de otros servicios del Estado, sustituye importaciones, etc. Esto por supuesto será verdad sólo, en el nivel en que se cumplan con los respectivos requisitos como el de uso de insumos nacionales, cubrir un mercado rentable o subsidiado, que el consumidor acepte el producto, etc.

2.4.1. Complementación proteica

Aunque la calidad de una proteína es adecuada en términos de alimentación habitual, no se puede considerar la proteína de un alimento aislado, puesto que usualmente se mezclan alimentos con distintos tipos de proteínas. Así, la combinación de dos alimentos suministra proteínas que se complementan en sus aminoácidos deficitarios, el resultado es una proteína de mejor calidad que si se considera por separado. En general los cereales tienen cierta deficiencia en **lisina**. (Mataix, 2003).

2.4.2. Principales sucedáneos del trigo

En el Perú se han realizado investigaciones desde 1970 con diferentes materias primas con la finalidad de sustituir parcialmente la harina

importada no sólo en la elaboración de panes sino en fideos y galletas. (Bilbao, 2007).

Tabla 18: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país

| Cereales | Leguminosas | Pseudo Cereales | Tubérculos | Raíces |
|----------------|-------------|--------------------|------------|--------|
| Trigo nacional | Soya | Quinua | Yuca | Maca |
| Maiz | Haba | Kiwicha | Camote | Oca |
| Cebada | Tarwi | Cañihua | Papa | Mashua |
| Arroz | ---- | ---- | ---- | ---- |

FUENTE: Bilbao, 2007.

A través de muchas investigaciones, se puede decir que si es factible sustituir parcialmente la harina de trigo importada con harinas sucedáneas para la elaboración de panes, fideos y galletas. (Bilbao, 2007).

En la tabla 19 que se muestra a continuación, se tiene el análisis químico porcentual de los principales sucedáneos, así como los porcentajes máximos de sustitución de harina de trigo recomendados. Cabe mencionar que para el caso en que se combinen harinas sucedáneas (dos o más harinas), el porcentaje de sustitución de la harina combinada se calculará en base a las proporciones individuales en la mezcla respecto a los porcentajes máximos permitidos. (Bilbao, 2007).

Martinez (2001) Tesis sobre el estudio del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*). En este proyecto se sustituyó parcialmente harina de zanahoria blanca con cáscara y sin cáscara, para mejorar el contenido proteico de las pastas alimenticias, indica que el mejor tratamiento se realizó al 15% de sustitución de harina de zanahoria lo cual permite mejorar los valores nutritivos de los fideos.

Pazuña (2011), estudió el efecto de mejoradores en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y papa (*Solanum tuberosum*), en donde indica que

considerando los porcentajes de sustitución (20% papa con 80% trigo importado, 30% quinua con 70% trigo importado) y las especificaciones de su adición (glucosa oxidasa 1500ppm, ácido ascórbico 100ppm, emulsificante 250ppm, lipasa 200, goma xanthan 100ppm, peróxido de benzoilo 140ppm, determinó que se optimiza la calidad de la harina en todas sus características; especialmente el fortalecimiento del gluten. Por otro lado, se mejoraron los parámetros que corresponden a la evaluación de pastas, fundamentalmente el tiempo de cocción (6 a 7 minutos); mismo que es un atributo primordial para el consumidor.

Tabla 19: Composición química porcentual de sucedáneos del trigo. Sustitución parcial en panes, fideos y galletas.

| NOMBRE CIENTÍFICO | CEREALES | Humedad gm % | Proteína gm % | Grasa gm % | Ceniza gm % | Fibra gm % | Carbohidratos gm % | % Susstitución | | |
|--------------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|----------------|----------|--------|
| | | | | | | | | Panes | Galletas | Fideos |
| Triticum durum | Harina de trigo | 13.5 | 13.8 | 1.5 | 0.6 | 1.5 | 70.4 | 100 | 100 | 100 |
| Zea mays | Harina de maiz | 11.2 | 9.0 | 4.5 | 1.5 | 2.0 | 73.8 | 20 | 30 | 0 |
| Hodeum vulgare | Harina de cebada | 9.3 | 9.6 | 1.3 | 1.5 | 1.1 | 78.3 | 20 | 20 | 0 |
| Oryza sativa | Harina de arroz | 13.4 | 7.4 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 77.7 | 20 | 30 | 0 |
| LEGUMINOSAS | | | | | | | | | | |
| Vicia faba | Harina de habas | 10.3 | 23.3 | 1.6 | 3.2 | 1.4 | 61.6 | 5 | 5 | 0 |
| Glicine max | Harina de soya | 7.5 | 48.5 | 3.0 | 6.0 | 1.0 | 35.0 | 10 | 20 | 10 |
| Pupinus mutabilis | Harina de tarwi | 6.7 | 49.4 | 27.2 | 2.9 | 3.1 | 21.4 | 10 | 10 | 0 |
| PSEUDO CEREALES | | | | | | | | | | |
| Chenopodium quinoa | Harina de quinua | 12.7 | 9.3 | 2.6 | 2.5 | 3.2 | 73.2 | 20 | 20 | 20 |
| Amaranthus caudatum | Harina de kiwicha | 11.6 | 12.6 | 5.9 | 2.5 | 2.8 | 67.4 | 20 | 30 | 0 |
| Chenopodium callinacaule | Harina de cañihua | 11.4 | 13.5 | 6.5 | 6.4 | 6.0 | 62.2 | 10 | 30 | 0 |
| TUBÉRCULOS | | | | | | | | | | |
| Manihot esculenta | Harina de yuca | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 3.3 | 1.0 | 82.3 | 10 | 20 | 0 |
| Ipomoea batatas | Harina de camote | 9.0 | 1.6 | 0.8 | 2.2 | 1.5 | 86.4 | 10 | 30 | 0 |
| Solanum tuberosum | Harina de papa | 10.9 | 6.4 | 0.4 | 5.2 | 2.3 | 77.1 | 10 | 20 | 0 |
| RAICES | | | | | | | | | | |
| Lepidium meyenil | Harina de maca | 10.9 | 13.3 | 1.0 | 1.1 | 5.4 | 68.2 | 10 | 10 | 3 |
| Oxalis tuberosa | Harina de oca | 6.4 | 4.1 | 1.9 | 3.6 | 4.0 | 84.0 | 10 | 0 | 0 |
| Tropaeolum tuberosum | Mashua, isaño, añu | 87.4 | 1.5 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 9.8 | 10 | | |

FUENTE: Bilbao, 2007.

2.4.3. **Computo químico**

Los métodos más comunes para determinar la calidad de las proteínas alimenticias se dividen en químicos y biológicos.

Dentro de los métodos químicos se encuentra en el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Mitchell y Block, 1946, este método se basa en calcular el porcentaje de presencia de aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales para niños mayores de un año y adultos g/100g (FAO/OMS, 2001). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente de un aminoácido esencial su SQ es cero.

Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como modelos, referenciales o mezclas aminoacídicas deseables.

$$\text{Cómputo químico} = \frac{\text{g.AAE. Alimento o mezcla}}{\text{g.AAE. Proteína patrón}}$$

El cómputo aminoacídico califica las proteínas, estableciendo una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón que garantiza una óptima síntesis proteica y la composición aminoacídica de la proteína o mezcla proteica a evaluar. Las proteínas son compuestos que participan en una serie de reacciones orgánicas en forma permanente a fin de permitir mantener la vida. En forma continua se producen procesos de construcción y destrucción de componentes nitrogenados. El último objetivo de la ingestión de proteínas es la provisión de aminoácidos, componentes responsables de la síntesis proteica de todo ser vivo. El organismo para cubrir la demanda de aminoácidos hace uso del

pool de aminoácidos provenientes de las vías exógenas y endógenas. No todas las proteínas presentan la misma capacidad de aportar aminoácidos útiles para favorecer la síntesis proteica. (Vásquez, 2005).

2.5. REOLOGÍA DE MASAS

Las propiedades reológicas de la masa de pan son importantes por dos razones: primero, porque determinan el comportamiento de la masa durante la manipulación mecánica, y segundo, porque afectan a los procesos que determinan el crecimiento de las cavidades celulares y la estabilidad de la masa durante el proceso de **amasado** (Stojceska, 2007).

Esto está permitido por la participación del almidón, proteína y agua, en la que la parte de la proteína de la harina tiene la capacidad de formar la red continua gluten viscoelástico, siempre que haya suficiente agua para la hidratación y la energía mecánica para efectuar la mezcla (Carpenter, 2000).

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

2.5.1. AMILOGRAFIA

La amilografía es una técnica de gran utilidad, sirve para probar harinas para las distintas formas de preparación como sopas, purés, emulsiones, etc. Para cuyo destino una característica importante es la viscosidad del producto después de la gelificación para ajustar la adición de malta a las harinas de panificación (Kent, 1971).

Un amilograma nos indica etapas bien marcadas: la de calentamiento y enfriado son la temperatura de gelatinización, la viscosidad máxima en el calentamiento, la viscosidad final después de la cocción, el aumento de la viscosidad en el enfriamiento y la viscosidad de la pasta fría. Todos estos puntos se pueden medir con un viscoamilograma (Repo-Carrasco, 1998).



Figura 6: Amilógrafo Brabender

Esta evaluación Se realiza con el amilógrafo y mide de manera continua la resistencia a la agitación de una suspensión de harina-agua mientras se va elevando la temperatura a la velocidad constante de $1,5^{\circ}\text{C} / \text{min}$ a partir de 25°C hasta 95°C . De esta forma se detectan los cambios de viscosidad del producto después de la gelatinización (a los 60°C) del almidón, detectándose los cambios siguientes:

- Pérdida de birrefringencia
- Hinchamiento irreversible de los gránulos
- Liberación de amilosa
- Aumento rápido de la viscosidad

Harinas con alta actividad α -amilásica darán viscosidades bajas. Por el contrario, harinas con poca actividad α -amilásica darán viscosidades elevadas.

El valor del amilógrafo establece el efecto de la α -amilasa durante el proceso de panificación. En definitiva, el amilógrafo da información sobre la calidad del almidón y el contenido en enzimas de una harina. La valoración de la propiedad gelatinizadora de la harina permite saber con anterioridad a la estructura de la miga, la necesidad de añadir harinas especiales, aditivos diastásicos, etc. Valores correctos para panificación se

sitúan entre 400-500 U.A. Las harinas con valores inferiores a 400 U.A no son aptas para panificación. (Brabender, 2011).

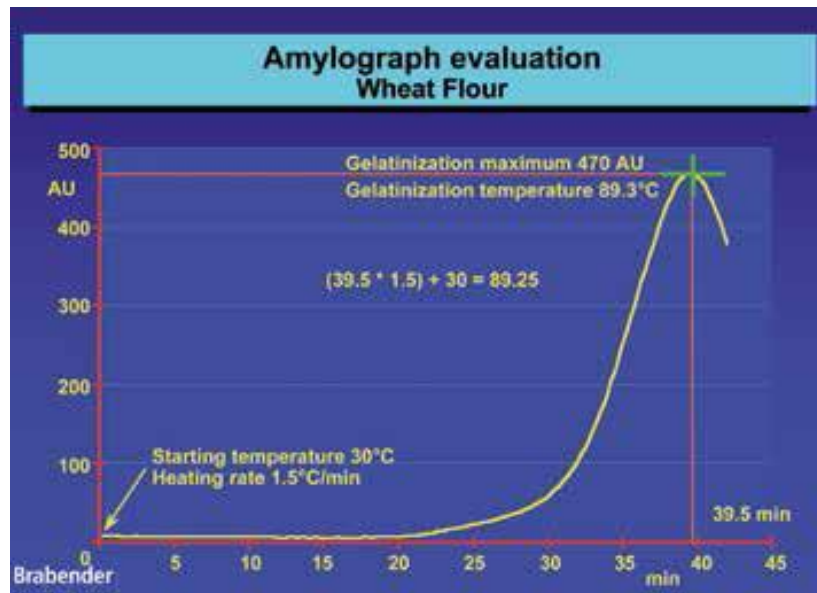


Figura 7:Amilograma

2.5.2. FARINOGRAFIA

Este método se aplica para la determinación de la absorción de agua y el comportamiento durante el amasado continuo de una harina a temperatura constante. Es realizado con el farinógrafo Brabender. (Brabender, 2011).

El farinógrafo es una amasadora que permite medir la consistencia de las masas, y por tanto el potencial de hidratación de una harina para una consistencia dada, 500 unidades de Brabender. (Brabender, 2011).

Esquemáticamente el farinógrafo Brabender registra en forma de banda ancha la fuerza que se requiere para accionar las palas de un mezclador que gira a velocidad constante a través de una masa de consistencia inicial fija. (Brabender, 2011).

En el curso del ensayo dicha fuerza varía según la naturaleza de la harina, produciéndose por consiguiente bandas o gráficos de distinta forma que reciben el nombre de farinogramas. (Brabender, 2011).

El aparato registra los cambios que sufre la masa durante un cierto periodo de tiempo y la apreciación de las características de la masa no queda

limitada a un determinado momento. En general se puede decir que cuanto más tiempo resiste una harina al proceso de amasado, tanto más fuerte es. (Brabender, 2011).

El farinógrafo es muy útil para registrar las características de la masa de una harina adecuada ciertos fines especiales, ya que otras harinas destinadas al mismo fin particular deben dar farinogramas similares. (Brabender, 2011).

El farinograma puede utilizarse para efectuar distintos ensayos, pero generalmente se emplea para obtener la curva suspensión harina – agua, empleándose el farinógrafo también puede obtenerse una curva de fermentación que refleja la debilitación de las masas durante este proceso. (Brabender, 2011).



Figura 8: Farinógrafo Brabender

En el farinograma, como se muestra en la Figura 9, se describen parámetros muy importantes que a continuación detallamos:

- A. Tiempo de llegada (E):** El tiempo de llegada es el tiempo necesario para que el borde superior de la curva alcance la línea de 500UB después de que ha empezado el mezclado y adición de agua. Este valor es la medida de la velocidad en que la harina absorbe el agua. En

general, en una variedad dada de trigo, el tiempo de llegada aumenta cuando el contenido de proteína aumenta. (Repo-Carrasco, 2002).

- B. Tiempo de desarrollo o mezclado (A):** El tiempo entre la adición de agua y el desarrollo de la máxima consistencia de la masa es definido como el tiempo de desarrollo de la masa. También es llamado tiempo de mezclado o tiempo de pico (peak time). Ocasionalmente se pueden presentar 2 picos, en este caso el segundo debe ser considerado como el tiempo de desarrollo. (Repo-Carrasco, 2002).
- C. Estabilidad (B):** la estabilidad es definida **como** el tiempo entre el punto donde la curva, por primera vez, intercepta la línea de 500UB (tiempo de llegada) y el punto donde el borde superior de la curva se aleja de la línea de 500UB (tiempo de salida). Este valor en general da unas indicaciones sobre la tolerancia de la harina para el mezclado. (Repo-carrasco, 2002).
- D. Tiempo de salida (E+B):** Es el tiempo transcurrido desde la adición del agua hasta que el borde superior de la curva deja la línea de 500UB. Es igual a la suma del tiempo de llegada y la estabilidad. Tiempos mayores indican harinas fuertes. (Repo-Carrasco, 1998).
- E. Debilitamiento de 20 minutos:** La diferencia en unidades Brabender entre la altura del centro de la curva en el punto máximo (pico) y la altura del centro de la curva 20 minutos después de la adición del agua se llama debilitamiento de 20 minutos. Este valor de información sobre la ruptura y fuerza de una masa. A mayor valor, más débil la harina. (Repo-Carrasco, 2002).
- F. Índice de tolerancia al mezclado (ITM) ©:** El valor del ITM es, en unidades de Brabender, la diferencia entre el máximo de la curva (medida en el borde superior) y la misma después de 5 minutos del pico. En general las harinas que tienen una buena tolerancia al mezclado tiene ITM bajo y, a mayor valor de ITM, más débil la harina. (Repo-Carrasco, 2002).

G. Tiempo de rotura (F): El tiempo de rotura es el tiempo desde el inicio del mezclado hasta el punto en que la consistencia ha disminuido 30 unidades de Brabender. Se determina dibujando una línea horizontal a través del centro de la curva en el punto más alto y otra paralela 30 unidades más abajo. El tiempo desde el inicio del mezclado hasta que el centro de la curva descendente cruza esta línea inferior, es el tiempo de rompimiento. Este tiempo nos cuenta sobre la fuerza y la resistencia de la masa al mezclado. (Repo-Carrasco, 2002).

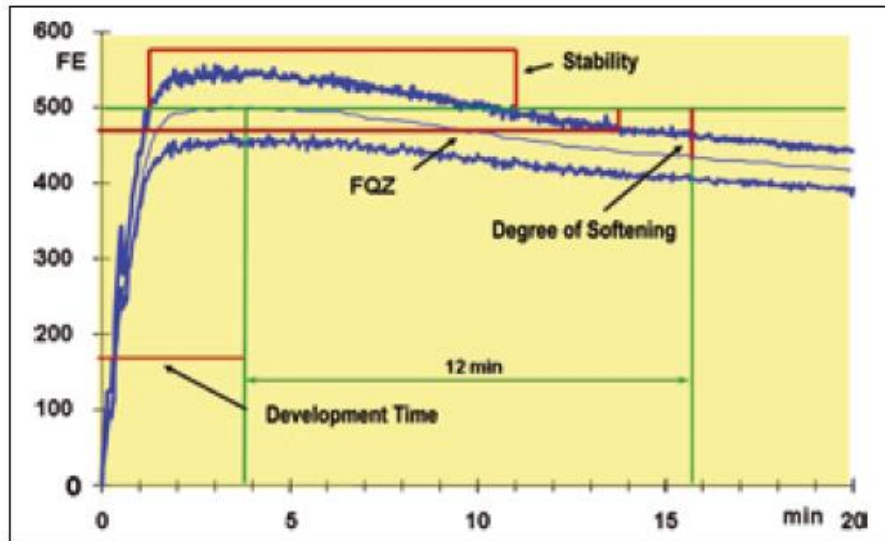


Figura 9: Farinograma

Tabla 20: Parámetros del farinograma para diferentes productos de panificación y pastelería

| Parámetros | Masa | Panes | Queques | Galletas fermentadas | Biscochos dulces |
|-----------------------|-------|-------|---------|----------------------|------------------|
| Absorción de agua (%) | 60-64 | > 55 | - | < 55 | < 55 |
| Desarrollo (min) | 8-13 | 4-9 | 1-2 | 3-6 | 1-3 |
| Estabilidad (min) | > 15 | 12-18 | 2-4 | 6-12 | 2-4 |

FUENTE: Nitzke, 2008.

2.5.3. EXTENSOGRAFIA

Mide la extensibilidad de una masa y la resistencia que la misma opone durante el periodo de reposo, se utiliza exclusivamente para el trigo blando, se necesita de un análisis farinográfico previo a una temperatura de 30°C, elongación de la masa después de 45 minutos de reposo, la prueba se repite para 90 y 135 minutos de reposo de fermentación. (Brabender, 2011).

El extensograma se ha demostrado útil para estimar la calidad de la harina, revelada de modo especial por las características físicas de la masa fermentada. Otras de las ventajas de este aparato es su eficiencia para poner de manifiesto el efecto de los mejorantes químicos, finalidad que no está también lograda en otros aparatos. (Brabender, 2011).

También revela la forma en que se afectan las características de la masa durante las distintas fases de maduración. La determinación se realiza en el extensógrafo Brabender. La medida de la extensibilidad de una masa es tan importante como la medida de su fuerza. En la amasadora del farinógrafo se hace una masa de consistencia estándar con harina, sal y agua según la absorción. (Brabender, 2011).

La masa obtenida es la que se somete a tres periodos de reposo con sus respectivos Estiramientos, lo cual nos da tres extensógrafos de 30, 60 y 90 minutos, siendo este último usado para la evaluación. (Brabender, 2011).

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



Figura 10: Extensógrafo Brabender

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

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

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

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

Finalmente se obtiene los parámetros, tal como lo muestra la figura 20, mediante la gráfica del Extensograma como en la figura 11.

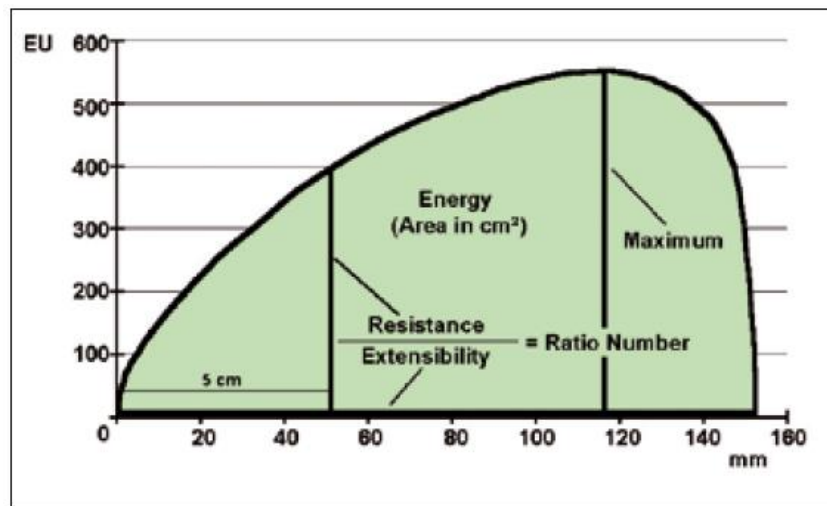


Figura 11: Extensograma

Tabla 21: Parámetro del Extensograma

| Valor de medición | Medido como | Significado |
|------------------------------------|---|---|
| Energía | Superficie bajo la curva en (cm ²) | Medida para la calidad de la masa |
| Resistencia al estiramiento | Alto de la curva 5cm luego del inicio de la elevación de la curva (EU) | Muestra la fuerza que se le opone a la elasticidad de la masa |
| Elasticidad | Largo de la curva en (mm) desde el inicio de la elevación de la curva hasta el máximo (rotura de muestra) | Muestra las propiedades de elasticidad del gluten |
| Máximo | Punto más alto de la curva en (EU) | Fuerza en el punto de rotura |
| Relación de tensión | Cociente a partir de resistencia al estiramiento y extensibilidad | Medida para la calidad de la masa |

FUENTE: Repo-Carrasco, 2002.

Tabla 22: Parámetros del extensograma para diferentes harinas según su uso

| Parámetro | Masa | panes | Queque | Galletas fermentadas | Galletas |
|--------------------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| Resistencia al estiramiento ® (U.E.) | 300-500 | 150-200 | 150-200 | 200-250 | 150-200 |
| Extensibilidad (E) (cm) | 120-160 | 140-180 | 120-160 | 160-200 | 120-160 |
| Energía (cm2) | >150 | 130-180 | <100 | 100-150 | <100 |

FUENTE: Repo-Carrasco, 2002.

2.6. Diseño estadístico de experimentos

Los resultados experimentales de los tratamientos con mezclas de harinas de trigo y Harina de Castaña se obtendrán siguiendo los métodos de trabajo establecidos por la casa fabricante de los equipos: Farinógrafo Brabender, Amilógrafo Brabender, Extensografo Brabender. Así, los equipos mencionados constituirán las representaciones gráficas de los resultados proporcionados por los equipos utilizados.

Se consolidará la información en un paquete informático Designe-Expert v. 7.0 para su respectivo análisis estadístico e interpretación de resultados.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIA PRIMA

Para la elaboración de mezclas, se utilizó como materia prima:

- **Harina de trigo**

Se ha utilizado harina para panificación, marca Nicollini, lote N° 111 0025, adquirido en el comercial D'GOBA E.I.R.L. (Nuevo Chimbote).

- **Harina de castaña**

Castaña (*Bertholletia excelsa*), proveniente de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú.

Etapas 1: Pelado y deshidratado en la planta ASCART, Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

Etapas 2: Selección, reducción de tamaño y prensado, en la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional de La Amazonía de Madre de Dios UNAMAD, Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

Etapas 3: Molienda y tamizado, en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

3.2. MATERIALES

- Tamices
- Vasos de precipitado 1000 ml
- Placas Petri
- Pinzas de metal
- Crisoles de porcelana
- Espátula

3.3. REACTIVOS

- Agua
- Sal
- Hexano

3.4. EQUIPOS

- Amilógraph-E Brabender Mod 800250
- Farinógraph-E Brabender Mod 810161.001
- Extensograph-E Brabender Mod 860723
- Laminador centrífugo fabricación nacional
- Prensa pistón fabricación nacional
- Molino de martillos TORRH Mod. MDTM-60XL
- Termobalanza PRECISA Mod XM 50
- Balanza de precisión PRECISA Mod XB 4200C
- Balanza analítica PRECISA Mod LX320 A
- Equipo SOXTEC FOSS Mod 2043
- Estufa POLEKO Mod SLW115 STD
- Mufla THERMOLYNE

3.4.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

En la figura 12 se muestra el esquema experimental que se siguió en el trabajo de investigación. Se realizó las caracterizaciones fisicoquímicas de las harinas de trigo y harina de castaña, así como a las mezclas. La harina de trigo y harina de castaña se pesaron y mezclaron en diferentes proporciones como se describe a continuación: 80:20; 85:15; 87.5:12.5; 90:10; 95:05. Este proceso se realizó a temperatura ambiente.

Se realizaron los análisis reológicos de las mezclas, para determinar las propiedades reológicas de las masas, es decir su capacidad de tolerar el estiramiento durante los procesos de panificación.

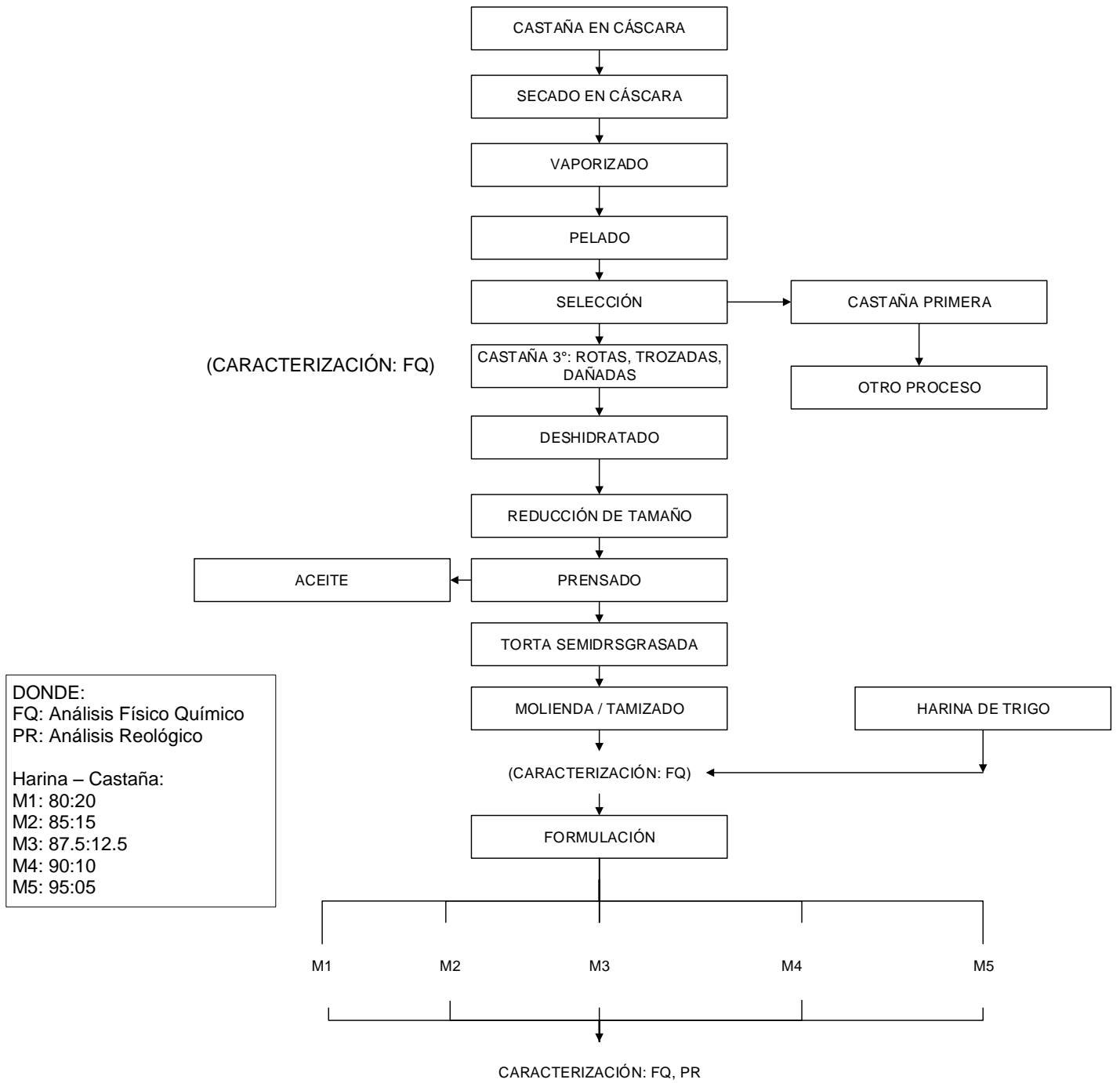


Figura 12: Esquema experimental para la caracterización de mezclas de harina de trigo y harina de castaña

3.4.2. Proceso tecnológico para la obtención de harina de castaña

(*Bertolethia excelsa*)

La harina de castaña, en realidad es un subproducto que se obtiene de la torta de castaña en la extracción de aceite, esta castaña utilizada en la extracción proviene de los descartes en la etapa de selección del proceso de pelado de castaña.

Este descarte es clasificado como castaña de tercera y generalmente se queda en el mercado nacional y local para elaborar los derivados, entre ellos el aceite.

Para la elaboración de harina de castaña se sigue el siguiente proceso:

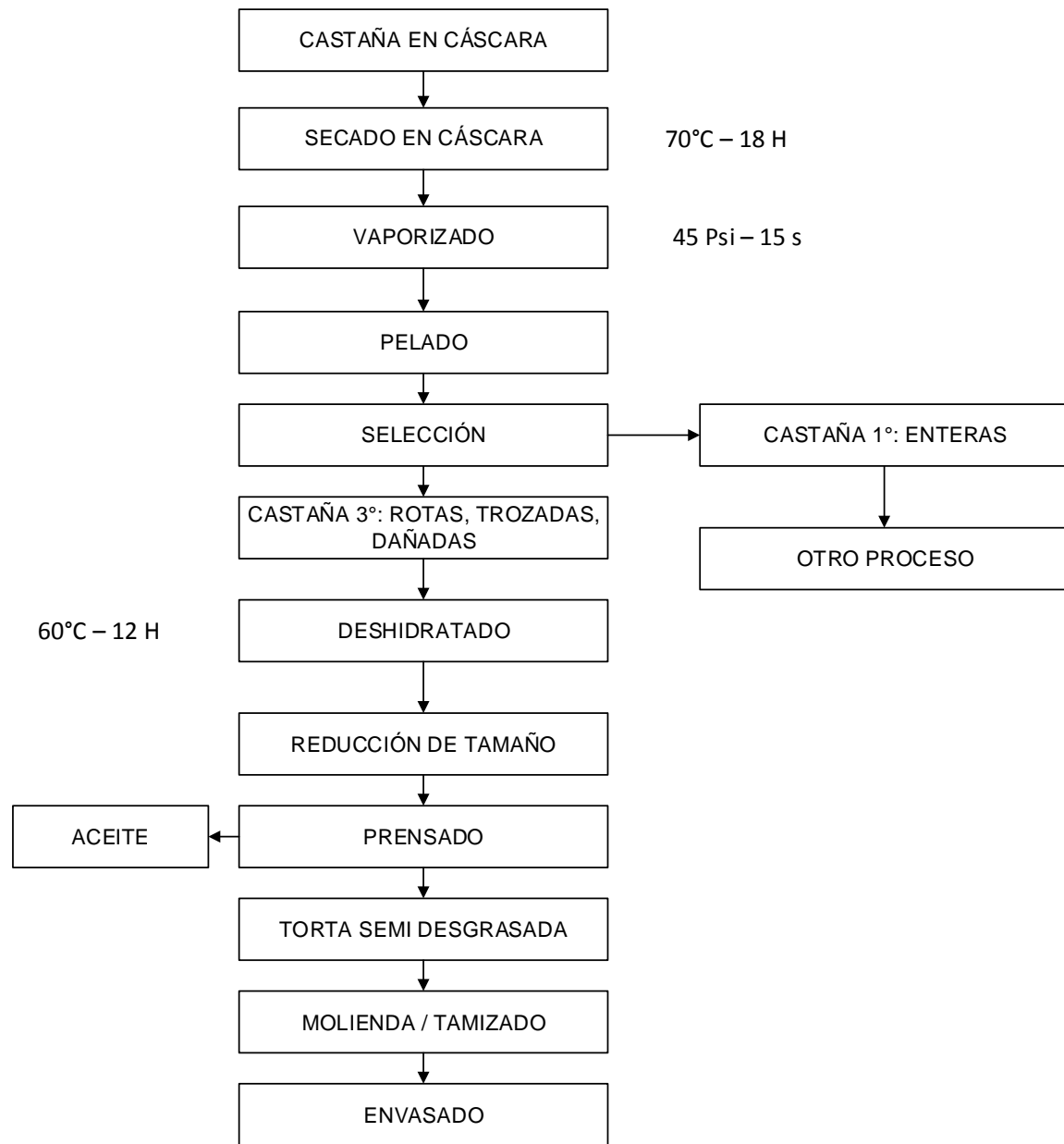


Figura 13: Diagrama de flujo para la obtención de harina de castaña

3.4.2.1. Selección de Castaña:

Después del proceso de secado, vaporizado y pelado realizado en la Planta Procesadora de Castaña ASCART, se procede a seleccionar la castaña (*Bertholletia excelsa*), en donde se separan las que se encuentran enteras y en buen estado (primera) y las partidas y que presentan daño (tercera).

Para esta investigación se utiliza la castaña de tercera (partidas) por ser las que se destinan a la extracción de aceite.

3.4.2.2. Deshidratado (castaña partida):

Se procede a un secado a baja temperatura 60°C por espacio de 8 a 12 horas, hasta llegar a una humedad de 3 a 4%. Esto se realiza en un secador de cama con aire caliente.

3.4.2.3. Reducción de tamaño:

La castaña partida se pasa por un reductor de tamaño para mejorar la extracción del aceite.

3.4.2.4. Prensado:

Utilizando una prensa pistón, se realiza la extracción del aceite de la castaña, hasta que queda la torta semi desgrasada.

3.4.2.5. Molienda:

Es el proceso que se realiza a la torta de castaña para obtener una harina fina. Generalmente las harinas de acuerdo a las Normas AOAC 965, deben cumplir con un parámetro físico importante como es la granulosisidad o granulometría, que consiste en obtener en el producto un grado de finura a través de tamices específicos.

3.4.2.6. Tamizado:

Es el proceso que nos permitió separar las partículas más grandes de las pequeñas o algunas partículas que pudieran adherirse en la harina.

3.4.2.7. Almacenado:

Se procede a envasar con la finalidad que esté en contacto directo con la luz del sol, el oxígeno y altas temperaturas, ya que el aceite que contiene es altamente poliinsaturado, por lo tanto, tiende a deteriorarse con facilidad.

3.4.3. Elaboración de las mezclas

En la tabla 23 se representa la matriz de experimento a realizar. En donde se definen los porcentajes de mezclas y las repeticiones a realizarse, para lo cual se utiliza el programa estadístico Desing Expert 7.0.

Tabla 23: Matriz de experimentos según Diseño de Mezclas D-Optimo

| Ensayo | Componente 1 | Componente 2 |
|--------|--------------------|----------------------|
| | A: HARINA TRIGO | B: HARINA CASTAÑA |
| | % | % |
| 1 | 85 | 15 |
| 2 | 80 | 20 |
| 3 | 95 | 5 |
| 4 | 80 | 20 |
| 5 | 90 | 10 |
| 6 | 87.5 | 12.5 |
| 7 | 87.5 | 12.5 |
| 8 | 95 | 5 |
| 9 | 87.5 | 12.5 |
| 10 | 87.5 | 12.5 |

3.4.4. Cálculo del cómputo químico

Posteriormente se determinó la calidad proteica de las mezclas mediante el cómputo químico (Mitchell y Block, 1946).

El cómputo químico es un método que se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales. El porcentaje de aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácido esencial su SQ es cero.

Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como referencias o mezclas aminoacídicas deseables.

Se realizó en base a las cantidades en gramos, de las proteínas en las 5 mezclas de harina de trigo con la harina de castaña.

El patrón que se utilizó para el cómputo químico de aminoácidos fue para niños de 2 – 5 años, según FAO/OMS/ONU 2001.

$$CQ = \frac{gAAE. Alimento o mezcla}{gAAE. Proteína patrón}$$

Tabla 24: Patrón de aminoácidos propuesto para niños de 2-5 años.

| g/100g de proteína | | |
|------------------------|------------------|---------|
| Aminoácidos Esenciales | niños 2 - 5 años | adultos |
| ISOLEUCINA | 2.8 | 1.3 |
| LEUCINA | 6.6 | 1.9 |
| LISINA | 5.8 | 1.6 |
| MET+CISTE | 2.5 | 1.7 |
| FENIL+TYR | 6.3 | 1.9 |
| TREONINA | 3.4 | 0.9 |
| TRIPTOFANO | 1.1 | 0.5 |
| VALINA | 3.5 | 1.3 |

FUENTE: FAO/OMS/ONU/2001

3.4.5. Análisis de la Harina

3.4.5.1. Caracterización de las Harinas y Mezclas de Harinas

La caracterización a la harina de castaña y las mezclas de harinas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional del Santa.

A) Humedad: Se determinó por el método estufa, AOAC (1990).

B) Grasa: Se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. AOAC 963.15 2005, método Soxhlet.

C) Proteína: La determinación de proteína total se realizó según método UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

D) Ceniza: Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038:1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación de cenizas.

E) Carbohidratos: Se obtuvo por diferencia, restando el 100% de la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza ©, grasa (G), proteínas (P), y fibra (F). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos et al (2009).

Usando la fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos: } 100 - (H+C+G+P+F)$$

3.4.6. Análisis reológico de las formulaciones

3.4.6.1. Análisis amilográfico

Los métodos estándares para los test con el Amilograph-E, están basados en una muestra con el 14% de humedad. No obstante, como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de la muestra real para determinar el peso correcto de la muestra y la cantidad de agua para el test. Los parámetros a evaluar fueron: tiempo de gelatinización y gelatinización máxima. (Anexo 03).

Procedimiento:

La suspensión de harina con agua se calienta con un ratio constante de calentamiento dentro de un bol rotatorio. Dependiendo de la viscosidad de la muestra, se desvía un sensor que llega dentro del bol. Esta deflexión se mide con un sistema de medida electrónico de alta precisión como viscosidad respecto al tiempo (i.e., respecto a la temperatura) y es registrado on-line por el software. El ratio de calentamiento de 1,5 °C/min (ACC/ICC) corresponde al aumento de temperatura del pan durante el horneado, i.e., los datos de medición del amilógrafo nos dan información fiable del comportamiento de gelatinización de una harina durante el proceso de horneado real. El amilograma rápido, con muestras reducidas y tiempos de prueba reducidos nos da resultados rápidos y se correlaciona bien con el método estándar.

Evaluación:

- Máximo de gelatinización (AU)
- Temperatura de gelatinización (°C)

3.4.6.2. Análisis farinográfico

La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla a base de harina de trigo se determina por farinógrafo Brabender, el segundo método en la AACCC 54-21 (1995). Los parámetros a evaluar a partir del farinograma son: absorción de agua, tiempo de desarrollo, consistencia y tiempo de estabilidad. (Anexo 03).

Procedimiento

Se introduce la formulación de harinas en la mezcladora de medición precalentada y con su temperatura controlada. Inicie el programa y las palas de la mezcladora remueven la harina. Un minuto después se inyecta agua en la mezcladora. Se crea una masa, que está sujeta a un estrés mecánico definido por parte de unas palas mezcladoras rotativas propulsadas por un motor montado sobre un soporte pendular.

La resistencia de la masa contra las palas, que depende de la viscosidad de la masa, causa una deflexión contraria a la carcasa del motor.

Esta deflexión se mide como par y se registra y traza en línea como una función de tiempo en un claro diagrama a color.

Evaluación:

- Consistencia
- Absorción de agua
- Tiempo de desarrollo
- Tiempo de estabilidad

3.4.6.3. Análisis extensográfico

Las propiedades de las mezclas a base de harina de trigo se determinan de acuerdo con el método de la AACCC 54-10 (1995), utilizando el extensógrafo Brabender. Los parámetros a evaluar fueron: extensibilidad, resistencia a la extensión y energía.

Procedimiento:

Antes de comenzar el ensayo con el Extensógrafo®-E, se prepara la masa con las mezclas previamente determinadas, agua destilada y sal en el Farinógrafo®.

Esto garantiza objetividad y reproducibilidad durante la preparación de la masa, y una consistencia de inicio constante.

Después de un periodo de prueba, la masa se estira hasta romperse en el Extensógrafo®-E. La fuerza ejercida se mide y registra. Este procedimiento se repite tres veces. Para esto la masa se deja madurar en tres tandas: 30, 60 y 90 minutos.

El extensograma, registrado en línea y representado en forma de un diagrama de color en la pantalla, muestra la fuerza ejercida como una función de la longitud de estiramiento (tiempo).

La forma de la curva de medición y su variación durante los tiempos de prueba individuales, el área bajo la curva y los valores numéricos de los distintos puntos de evaluación permiten realizar informes fiables y reproducibles sobre la calidad e idoneidad de la harina para una tarea específica. Además, puede demostrarse la influencia de los aditivos de la harina en las propiedades de la misma.

Evaluación:

- Resistencia a la extensión (5 cm)
- Resistencia a la extensión (máx.)
- Extensibilidad
- Área bajo la curva (energía)
- Ratio (Resistencia 5 cm / extensibilidad)
- Ratio máx. (Resistencia máx. / extensibilidad)

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa Desing Expert v 7.0, para analizar los resultados de la parte experimental realizada.

Estos resultados se analizaron utilizando el diseño D-optimal, considerando las formulaciones (M1 a M5) con sus repeticiones, haciendo un total de 10 experimentos. Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANVA) con un valor de significancia de $\alpha = 5\%$, a fin de determinar la influencia de los factores en el nivel de diferenciación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. Caracterización de la castaña entera

En la tabla 25, se muestra los resultados del análisis de la composición porcentual de la castaña (*Bertholletia excelsa*), proveniente de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios.

Tabla 25: Caracterización de la castaña entera

| Componente | % |
|---------------|--------------|
| Humedad | 4.84 ± 0.08 |
| Proteína | 14.06 ± 0.04 |
| Grasa | 68.04 ± 0.12 |
| Carbohidratos | 3.42 |
| Cenizas | 3.20 ± 0.07 |
| Fibra | 8.02 ± 0.02 |

Fuente: Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales UNS

El contenido de humedad de la castaña se encontró en el valor de 4.84±0.08%, valores que se encuentran dentro de los parámetros según ficha técnica de la empresa ASCART, que es donde se realizó el proceso de deshidratado, este valor es muy parecido con respecto a los valores encontrados por Regitano D'Arce (1998), el cual fue de 4.81%.

Los contenidos de proteína 14.06±0.04%, Grasa 68±0.12%, cenizas 3.20±0.07%, fibra 8.02±0.02, son similares a los presentados por Menezes y Souza (2004).

4.2. OBTENCIÓN DE HARINA DE CASTAÑA

La castaña utilizada para la obtención de harina, es de calidad “tercera”, la cual ha pasado un proceso de secado, vaporizado, pelado y deshidratado en una planta procesadora. En la figura 07 se muestra el flujo de operaciones para la obtención de la harina.

A) Selección

Se separa las semillas enteras de las partidas que son las que se destinan para la extracción del aceite, adicionalmente se separan las que se encuentren dañadas (presencia de puntos negros) para descarte. Planta ASCART, Puerto Maldonado.



Figura 14: Selección de castaña

B) Deshidratado

Este proceso se lleva a cabo en un secador de cama con aire caliente a 60°C por espacio de 12 horas, con lo que se redujo la humedad de 4.84% lo que garantiza una mayor vida útil del producto evitando el crecimiento de hongos. Planta ASCART, Puerto Maldonado.



Figura 15: Deshidratado de castaña

C) Reducción de tamaño

En las instalaciones de la Planta Piloto de la UNAMAD, se realizó la reducción de tamaño de la castaña para aumentar la eficiencia de extracción del aceite hasta un espesor aproximado de de 2 a 3 mm, para lo cual se utilizó un laminador.



Figura 16: Reducción de tamaño

D) Prensado

En las instalaciones de la Planta Piloto de la UNAMAD, con el objetivo de extraer el aceite, la castaña se pasa por la prensa pistón, en donde se reduce el contenido de grasa total de 68.04% hasta 40.47%, siendo este rendimiento el que se obtiene en los procesos normales.



Figura 17: Prensado

E) Molienda

Esta operación se realizó en módulo de molienda del IITA de la UNS; a través de un molino de martillos. Durante la molienda se empezaron a formar algunos grumos de harina de castaña, esto debido al aún alto contenido de grasas (40.47%) de la torta.

F) Tamizado

Para esta operación, se utilizaron tamices ASTM con malla N° 10, N° 18 y N° 60 y los granos se redujeron hasta un diámetro de 0.05mm.



Figura 18: Tamizado de harina de castaña

G) Envasado

Finalmente, la harina obtenida fue envasada en bolsas de polipropileno de alta densidad. La harina fue almacenada en un lugar protegido de la luz y a temperatura ambiente.



Figura 19: Envasado de harina de castaña

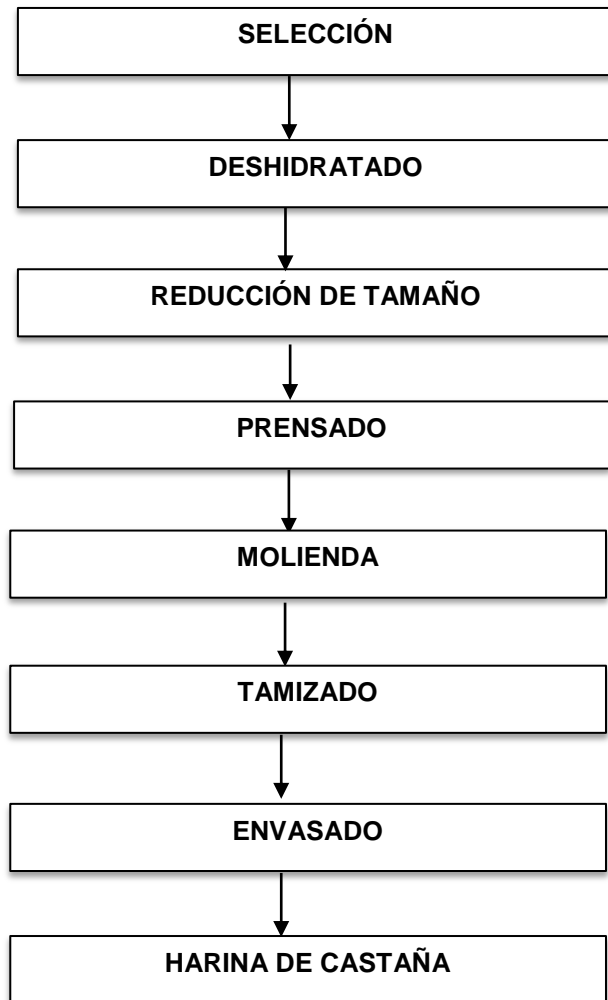


Figura 20: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de castaña

4.3. ANÁLISIS DE LAS HARINAS

4.3.1. Caracterización químico proximal de la harina de trigo

En la tabla 26 se muestra los resultados porcentuales del análisis de la harina de trigo.

Tabla 26: Composición proximal de la harina de trigo

| Componentes | (%) |
|---------------|--------------|
| Humedad | 14.86 ± 0.04 |
| Proteína | 11.45 |
| Carbohidratos | 70.03 |
| Grasa | 1.30 ± 0.02 |
| Ceniza | 0.90 ± 0.04 |
| Fibra | 1.46 ± 0.02 |

Fuente: Laboratorio de Composición Productos Agroindustriales UNS

La harina de trigo contiene un 70.03% de carbohidratos, 14.86% de humedad, 11.45% de proteína, 1.30% de grasa, 1.46% de fibra y 0.90% de cenizas. Valores dentro de los rangos reportados por Reyes et al, (2004).

La humedad es una determinación importante ya que de ellas dependen otras evaluaciones como las reológicas. Las harinas húmedas con un contenido de humedad mayor del 15% están expuestas a ataques de microorganismos (Ramirez, 2007). La humedad haciende a 14.86%+0.4%, valor que es inferior al 15% de humedad, que es el máximo permitido por la NTP 2005.027:1986, para ser considerada como harina de trigo especial. El contenido de proteína de la harina es de 11.45 el cual se encuentra dentro de los parámetros de la harina de trigo especial, según Ramirez (2007).

La cantidad de proteína determina las propiedades de panificación de la harina, y sus características generales y naturaleza coloidal determinan su calidad. (Aguirre et al, 1997).

El contenido de cenizas fue de 0.9+0.04% que se encuentra dentro del rango descrito por Weegels et al (1996), además el contenido de ceniza en

la harina de trigo indica que tiene un bajo porcentaje de extracción, este contenido oscila entre 0.4 – 1.7%, el cuan indica que tiene un grado de extracción de menor a mayor, este dato es útil para determinar el grado de pureza y la tasa de rendimiento de la harina de trigo. (Belitz y Grosch, 1997).

Belitz y Grosch (1997), mencionan que el contenido de grasa en la harina de trigo oscila entre 1 – 2.3%, según el grado de extracción. La harina de trigo utilizada en esta investigación contiene 1.30+0.02% de grasa total, valor que se encuentra dentro del rango citado.

La harina de trigo contiene un 70.03% de carbohidratos. Bilbao (2007) menciona que la harina de trigo tiene alrededor de 70% de carbohidratos, valor que concuerda con nuestros resultados.

Bilbao (2007), menciona que el contenido de fibra de una harina de trigo como máximo es de 1.5%, lo cual significa que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros indicados, los cuales fueron de 1.46+0.02%.

En general en base a los análisis realizados podemos afirmar que la harina de trigo utilizada en las evaluaciones es de muy buena calidad.

4.3.2. Caracterización químico proximal de la harina de castaña

En la tabla 27, se muestra los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de castaña (*Bertholletia excelsa*).

Tabla 27: Composición proximal de la harina de castaña

| Componente | Harina Castaña |
|---------------|----------------|
| Humedad | 7.02 ± 0.01 |
| Proteína | 22.73 ± 0.18 |
| Grasa | 40.47 ± 0.19 |
| Carbohidratos | 6.37 |
| Cenizas | 4.89 ± 0.09 |
| Fibra | 14.94 ± 0.02 |

Fuente: Laboratorio de Composición Productos Agroindustriales UNS

Los resultados de la tabla 26, nos indican que la harina de castaña tiene un porcentaje de $7.02+0.18\%$ de humedad, los cuales se encuentran muy por debajo de Los Límites Máximos Permisibles por la NTP 011.451:2013, ya que la humedad de las harinas no debe exceder el 15%.

La humedad de la harina de castaña obtenida experimentalmente es ligeramente superior a los datos obtenidos por Menezes y Souza (2004) que fueron de $6.70+0.00\%$.

En su estudio Menezes y Souza (2004) reportaron un contenido de proteína de $40.23+0.03\%$ en la harina de castaña, frente al $22.73+0.18\%$ obtenido en la presente investigación, esta diferencia se debe a que en esta investigación se realizó de manera convencional de extracción de aceite que se utiliza en la ciudad de Puerto Maldonado el cual tiene una menor eficiencia, Menezes y Souza (2004) utilizan equipos con mayor eficiencia de extracción de aceite, lo que les permite tener un mayor porcentaje de proteínas en la harina, pero que mantiene una proporcionalidad en comparación del contenido de proteína-grasa de ambas investigaciones. La calidad de proteína de castaña es muy parecida a la de quinua, con la diferencia que el contenido de proteína en la castaña aumenta con forme sea más eficiente la extracción del aceite.

La harina de castaña obtenida experimentalmente contiene $4.89+0.09\%$ de cenizas, es menor a los valores obtenidos por Sotero et al. (2011), en su estudio de harina de castaña en el presenta $7.46+0.03\%$, debido que aquí somete a una extracción con una prensa de mayor eficiencia y un posterior liofilizado, pero que mantiene la proporcionalidad con respecto al estudio realizado en esta investigación.

El contenido de grasa obtenido en este trabajo de investigación fue de $40.47+0.19\%$, para esto se extrajo el aceite de manera convencional como se practica en la ciudad originaria de la materia prima, por lo que este dato es diferente al obtenido por Menezes y Souza (2004), para lo cual presentaron valores de $25.13+0.00\%$ y Sotero et al. $34.71+0.89\%$ en donde utilizaron prensas de mayor eficiencia para obtener harina de castaña.

Cabe resaltar el alto contenido de aceite en la castaña, el cual tiene un alto contenido en omega 3 y 9 (INOVAM 2004), componentes que ayudan a reducir el colesterol malo del organismo y elevar el colesterol bueno HDL. Esta es una de las propiedades por lo que se le considera un alimento de alto valor.

El bajo contenido de carbohidratos 6.37% que se obtuvo como resultado, es consecuente a los bajos valores de las nueces en general (Menezes y Souza, 2004).

La harina de castaña obtenida experimentalmente contiene 14.94+0.02% de fibra, siendo un porcentaje muy alto, tal como muestra en su investigación (Sotero, 2011).

4.4. EVALUACIÓN POR CÓMPUTO QUÍMICO

4.4.1. Determinación del cómputo químico de los componentes.

En la tabla 28 se observan las cantidades presentes de aminoácidos en los componentes principales de la mezcla, con los cuales se realizó la determinación del cómputo químico en cada uno de los componentes. Propuesto por Badui (2006) para el trigo, Gloria D'Arce (2000) para la castaña y Necesidades de energía y proteína de FAO/OMS/ONU (2001).

Tabla 28: Aminoácidos presentes en los componentes de las mezclas

| Aminoácidos Esenciales | En 100g de proteína | | |
|---------------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | Trigo | Castaña | niños 2 - 5 años |
| ISOLEUCINA | 4.2 | 3.1 | 2.8 |
| LEUCINA | 6.8 | 8.6 | 6.6 |
| LISINA | 2.6 | 4.5 | 5.8 |
| MET+CISTE | 3.7 | 9.5 | 2.5 |
| FENIL+TYR | 8.2 | 8.1 | 6.3 |
| TREONINA | 2.8 | 3.0 | 3.4 |
| TRIPTOFANO | 1.2 | 1.1 | 1.1 |
| VALINA | 4.4 | 5.1 | 3.5 |

FUENTE: Necesidades de energía y proteína FAO/OMS/ONU 2001

Con la fórmula de determinación del cómputo químico, realizamos los cálculos respectivos para cada componente y se muestran en la tabla 29.

$$\%CQ = \frac{gAAE. Alimento o mezcla}{gAAE. Proteína patrón} \times 100$$

Tabla 29: Cómputo químico de los componentes de las mezclas

| Aminoácidos Esenciales | niños de 2 - 5 años | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| | Trigo (%) | Castaña (%) |
| ISOLEUCINA | 150.00 | 110.36 |
| LEUCINA | 103.03 | 130.00 |
| LISINA | 44.83 | 78.10 |
| MET+CISTE | 148.00 | 378.00 |
| FENIL+TYR | 130.16 | 129.05 |
| TREONINA | 82.35 | 88.82 |
| TRIPTOFANO | 109.09 | 100.00 |
| VALINA | 125.71 | 146.29 |

En la tabla 29 se detecta que el trigo y la castaña tienen deficiencia en lisina, y se observa un score químico en lisina de 44.83 limitante en el trigo valor muy bajo en comparación con los demás aminoácidos esenciales mientras que en treonina es de 82.35.

Con respecto a la castaña, la lisina y treonina son de 78.10 y 88.82 respectivamente, lo que demuestra que no es tan pronunciado ya que supera el 70% recomendado por la FAO/OMS. Por lo que varios autores califican a la castaña como uno de los alimentos vegetales más completos (Menezes y Souza, 2004).

Srur (1976), establece que la concentración de metionina + cisteína debe ser considerado en el balance aminoacídico de las dietas de los niños, generalmente deficiente en aminoácidos sulfurados. La tabla 27 muestra las cantidades de metionina + cisteína (aminoácidos sulfurados) encontrado en

la castaña (9.5 g aa / 100g de proteína), muy por encima de lo establecido por las Normas de la FAO/OMA/ONU (1985).

4.4.2. Determinación del cómputo químico de los componentes en las mezclas

4.4.2.1. Determinación de las proteínas que aportan los componentes en las mezclas

En la tabla 30 se muestra la cantidad de proteína en porcentaje que aportan los componentes en las mezclas en 100g. Donde podemos observar que la harina de castaña aporta una cantidad muy importante de proteína a la mezcla.

Tabla 30: Proteína que aportan los componentes en la mezcla en 100g

| MEZCLA (Trigo:Castaña) | Proteína Total | Harina Trigo Proteína g | Harina Castaña Proteína g |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| M1 (80:20) | 15 | 9.52 | 5.48 |
| M2 (85:15) | 14.56 | 10.12 | 4.45 |
| M3 (87.5:12.5) | 14.26 | 10.41 | 3.85 |
| M4 (90:10) | 13.96 | 10.71 | 3.25 |
| M5 (95:05) | 13.54 | 11.31 | 2.24 |

Para lo cual utilizamos la fórmula:

$$gProteína = \%del\ componente\ en\ la\ mezcla * \%Proteína\ en\ el\ componente$$

Dónde:

Proteína en harina de trigo: 11.9%

Proteína en harina de castaña: 22.73%

4.4.2.2. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante en las mezclas

Se calculó el cómputo químico de las diferentes mezclas de harina de trigo y harina de castaña, para lo cual se usó el patrón de referencia los

aminoácidos esenciales de la FAO/OMS/ONU 2001 (mg AA/g proteína) para niños de 2 a 5 años. Los resultados de la tabla 31 nos muestran el aporte de aminoácidos esenciales de cada componente en las mezclas y la suma de los mismos. Los valores obtenidos son cálculos teóricos, que obtuvieron a partir de aminoácidos de la harina de trigo y harina de castaña que se reporta en la biografía.

Observamos el notable aporte de aminoácidos de la harina de castaña haciendo de este un alimento muy importante para la nutrición en niños.

Los alimentos de origen vegetal como los frutos secos como la castaña (*Bertholletia excelsa*), constituye una importante fuente de proteínas para la dieta, pese a que posee aminoácido limitante (lisina) que disminuye la eficiencia de su utilización y los cereales como el trigo, arroz, maíz, son pobres también en lisina, se debe buscar alimentos que en una mezcla permitan mejorar el cómputo aminoacídico y con ello la calidad biológica de la proteína de la mezcla, proceso llamado complementación amoniacídica.

Se debe destacar su rico contenido en aminoácidos sulfurados (metionina + cisteína). Camargo (1968), menciona que en vista de los aminoácidos esenciales que aporta la castaña, incluyendo el triptófano, puede afirmar su excelencia entre los alimentos de origen vegetal, por lo tanto los alimentos derivados de la castaña (como la harina), puede servir como un gran aportador de proteínas en el consumo humano.

Según (Callejo, 2002) menciona que el trigo debe ser consumido con otros alimentos como las leguminosas, porque se incrementa el aporte proteico y la calidad de las proteínas, cosa que los frutos secos también funcionan muy bien como un complemento alimenticio.

En la tabla 32, se muestra el CQ de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña. Donde se identifica a la lisina como aminoácido limitante, por debajo de 70% que es el límite mínimo que recomienda la FAO/OMS.

Otro aminoácido que presenta un bajo contenido es la treonina, pero se presenta en cantidades superiores a 70% que es lo que recomienda la FAO/OMS.

En esta investigación no se mostró deficiencia de los demás aminoácidos esenciales en tu totalidad, demostrado en los valores que exceden el 100%.

Tabla 31: Aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla en 100g

| | M1 | | | M2 | | | M3 | | | M4 | | | M5 | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|
| % H. Trigo | 80 | | | 85 | | | 87.5 | | | 90 | | | 95 | | |
| % H.S. Casta | 20 | | | 15 | | | 12.5 | | | 10 | | | 05 | | |
| Aminoácidos esenciales | H. Trigo g | H. Castaña g | AA que aportan (g) | H. Trigo g | H. Castaña g | AA que aportan (g) | H. Trigo g | H. Castaña g | AA que aportan (g) | H. Trigo g | H. Castaña g | AA que aportan (g) | H. Trigo g | H. Castaña g | AA que aportan (g) |
| ISOLEUCINA | 0.400 | 0.169 | 0.569 | 0.425 | 0.137 | 0.562 | 0.437 | 0.119 | 0.556 | 0.450 | 0.100 | 0.550 | 0.475 | 0.069 | 0.544 |
| LEUCINA | 0.647 | 0.470 | 1.118 | 0.842 | 0.187 | 1.029 | 0.708 | 0.330 | 1.038 | 0.728 | 0.279 | 1.007 | 0.769 | 0.192 | 0.961 |
| LISINA | 0.248 | 0.248 | 0.496 | 0.322 | 0.099 | 0.421 | 0.271 | 0.174 | 0.445 | 0.278 | 0.147 | 0.426 | 0.294 | 0.101 | 0.395 |
| MET+CISTE | 0.352 | 0.518 | 0.870 | 0.458 | 0.206 | 0.664 | 0.385 | 0.364 | 0.749 | 0.396 | 0.307 | 0.703 | 0.418 | 0.211 | 0.629 |
| FENIL+TYR | 0.781 | 0.446 | 1.226 | 1.015 | 0.178 | 1.192 | 0.854 | 0.313 | 1.167 | 0.878 | 0.264 | 1.142 | 0.927 | 0.182 | 1.109 |
| TREONINA | 0.267 | 0.165 | 0.432 | 0.347 | 0.066 | 0.412 | 0.292 | 0.116 | 0.408 | 0.300 | 0.098 | 0.398 | 0.317 | 0.067 | 0.384 |
| TRIPTOFANO | 0.114 | 0.060 | 0.175 | 0.149 | 0.024 | 0.173 | 0.125 | 0.042 | 0.167 | 0.129 | 0.036 | 0.164 | 0.136 | 0.025 | 0.160 |
| VALINA | 0.419 | 0.281 | 0.699 | 0.545 | 0.112 | 0.656 | 0.458 | 0.197 | 0.655 | 0.471 | 0.166 | 0.638 | 0.497 | 0.114 | 0.612 |
| AA esenciales | 3.227 | 2.357 | 5.585 | 4.101 | 1.009 | 5.110 | 3.530 | 1.655 | 5.185 | 3.631 | 1.398 | 5.029 | 3.832 | 0.961 | 4.794 |
| AA no esenciales | 6.293 | 3.123 | 9.415 | 6.014 | 3.436 | 9.450 | 6.883 | 2.192 | 9.075 | 7.079 | 1.852 | 8.931 | 7.473 | 1.274 | 8.746 |
| Proteína mezcla (g/100g) | 9.520 | 5.480 | 15.000 | 10.115 | 4.445 | 14.560 | 10.413 | 3.848 | 14.260 | 10.710 | 3.250 | 13.960 | 11.305 | 2.235 | 13.540 |

Tabla 32: Cómputo químico (teórico) para las formulaciones

| | | | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| % H. Trigo | 80 | 85 | 87.5 | 90 | 95 |
| % H.S. Castaña | 20 | 15 | 12.5 | 10 | 05 |
| CÓMPUTO QUÍMICO | | | | | |
| Aminoácidos esenciales | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| ISOLEUCINA | 135.52 | 137.90 | 139.30 | 140.77 | 143.46 |
| LEUCINA | 112.88 | 111.26 | 110.31 | 109.31 | 107.48 |
| LISINA | 56.98 | 54.99 | 53.81 | 52.57 | 50.32 |
| MET+CISTE | 232.03 | 218.22 | 210.06 | 201.55 | 185.97 |
| FENIL+TYR | 129.75 | 129.82 | 129.86 | 129.90 | 129.98 |
| TREONINA | 84.72 | 84.33 | 84.10 | 83.86 | 83.42 |
| TRIPTOFANO | 105.77 | 106.32 | 106.64 | 106.97 | 107.59 |
| VALINA | 133.23 | 131.99 | 131.26 | 130.50 | 129.11 |
| Proteína mezcla (g/100g) | 15.000 | 14.560 | 14.260 | 13.960 | 13.540 |

4.5. EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS

4.5.1. Análisis físico-químico

La tabla 33 muestra los valores proximales de las formulaciones en cada tratamiento.

Tabla 33: Composición proximal de las formulaciones

| Tratamiento | A:Harina Trigo % | B:Harina Castaña % | Proteínas % | Grasa % | Humedad % | Ceniza % |
|-------------|---------------------|-----------------------|----------------|------------|--------------|----------|
| 1 | 85 | 15 | 14.56 | 10.82 | 12.93 | 1.37 |
| 2 | 80 | 20 | 15.00 | 12.8 | 12.67 | 1.47 |
| 3 | 95 | 5 | 13.53 | 3.78 | 13.73 | 0.9 |
| 4 | 80 | 20 | 15.00 | 13.52 | 12.57 | 1.35 |
| 5 | 90 | 10 | 13.96 | 7.19 | 13.66 | 1.19 |
| 6 | 87.5 | 12.5 | 14.26 | 7.01 | 13.31 | 1.22 |
| 7 | 87.5 | 12.5 | 14.2 | 7.80 | 13.29 | 1.24 |
| 8 | 95 | 05 | 13.55 | 4.29 | 13.97 | 0.96 |
| 9 | 87.5 | 12.5 | 14.31 | 7.43 | 13.29 | 1.22 |
| 10 | 87.5 | 12.5 | 14.27 | 7.62 | 13.27 | 1.25 |

4.5.1.1. Humedad (%)

Según la norma NTP 2005.027:1986 las harinas o mezclas deben tener una humedad menor a 15%.

En la tabla 34 se muestra los resultados de los análisis de humedad de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña, como se observa la humedad de las mezclas no excede el límite máximo considerado en la norma, disminuyendo ésta a medida que aumenta el porcentaje de harina de castaña, debido al bajo contenido de humedad ($7.02 \pm 0.01\%$) característico de los frutos secos como la castaña (Menezes y Souza, 2004).

Tabla 34: Humedad en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña

| Tratamiento | Formulaciones | A:Harina Trigo % | B:Harina Castaña % | Humedad % |
|-------------|---------------|------------------|--------------------|-----------|
| 1 | M2 | 85 | 15 | 12.93 |
| 2 | M1 | 80 | 20 | 12.67 |
| 3 | M5 | 95 | 05 | 13.73 |
| 4 | M1 | 80 | 20 | 12.57 |
| 5 | M4 | 90 | 10 | 13.66 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 13.31 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 13.29 |
| 8 | M5 | 95 | 05 | 13.97 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 13.29 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 13.27 |

La humedad de las mezclas se encuentra entre 12.93% y 13.97%, aumento que se muestra a medida que el porcentaje de harina de castaña disminuye.

Tabla 35: ANVA humedad (%)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|-----|----------------|----------|------------------|---------------|
| Modelo | 1.7384 | 2 | 0.8692 | 73.0586 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 1.7308 | 1 | 1.7308 | 145.4815 | < 0.0001 | |
| AB | 0.0076 | 1 | 0.0076 | 0.6358 | 0.4514 | |
| Residual | 0.0833 | 7 | 0.0119 | | | |
| Error puro | 0.0346 | 5 | 0.0069 | | | |
| Total | 1.8217 | 9 | | | | |

La humedad en las mezclas de harina de trigo con harina de castaña presenta variaciones significativas.

En la tabla 35 el valor F de 73.06 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto del análisis del % humedad, al 5% de significancia.

Humedad

◆ DesignPoints

X1 = A: HARINA TRIGO

X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

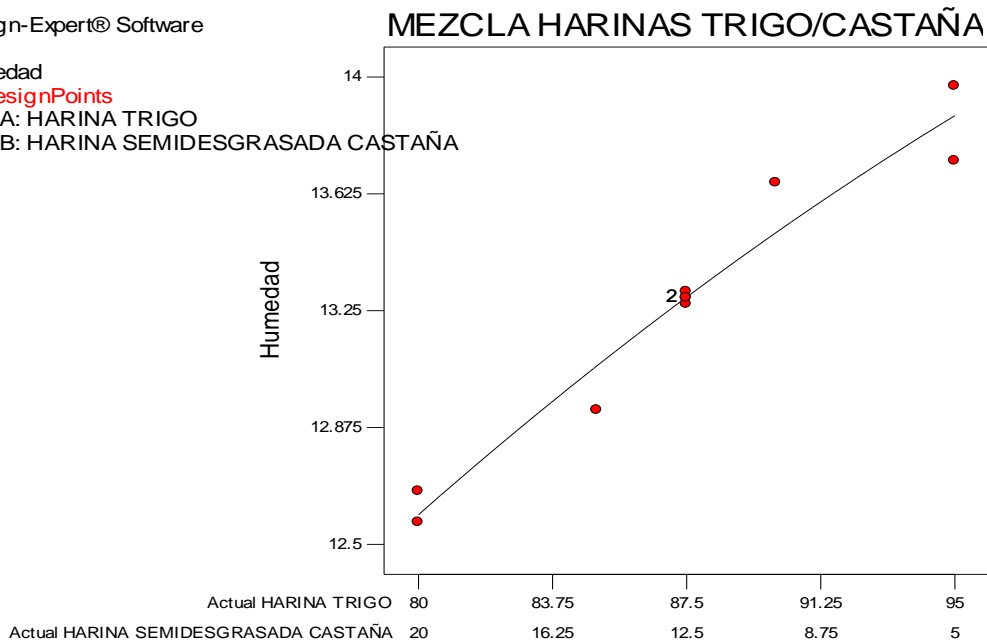


Figura 21: Gráfico de respuesta de la mezcla para humedad (%)

En la figura 21 podemos observar la respuesta para el porcentaje de humedad. Se puede notar que a medida que disminuye el porcentaje de harina de castaña, aumenta el nivel de humedad considerablemente.

La ecuación de regresión para los datos de %Humedad es:

$$\text{HUMEDAD} = +14.19929 * X1 - 2.08205 * X2 + 10.32599 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| D.S. | 0.11 |
| R-cuadrado | 0.9543 |
| R-cuadrado (pred) | 0.8872 |
| C.V. % | 0.82 |
| Media | 13.27 |

Los datos estadísticos de la regresión del %Humedad nos presentan los valores: donde “D.S.” es definido como la desviación estándar de lo estimado, que hace referencia a las diferencias entre los valores reales del modelo y los valores pronosticados, debido a que el valor de este es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado. El valor de R-

cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 95.43% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 88.72% datos futuros.

4.5.1.2. Proteína

En la tabla 36 se muestra los resultados de los análisis de %Proteína de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña, como se observa que a medida se aumenta la proporción de harina de castaña aumenta el contenido de proteína, esto debido al alto contenido de proteína de la castaña (22.73 + 0.18%).

En los productos de pastelería se utiliza harina de trigo floja, la cual presenta un bajo contenido de proteínas, como lo detalla Pyler, (1988) quien nos dice que la harina para la elaboración de bizcochos es obtenida de la molienda de trigos suaves de invierno, rojos o blancos. La harina de trigo destinada a la producción de bizcochos usualmente contiene una combinación de aquellos pasajes de molienda con menos contenido de proteínas y cenizas.

Tabla 36: Proteínas en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña

| Tratamiento | Formulaciones | A:Harina Trigo % | B:Harina Castaña % | Proteína % |
|-------------|---------------|------------------|--------------------|------------|
| 1 | M2 | 85 | 15 | 14.56 |
| 2 | M1 | 80 | 20 | 15 |
| 3 | M5 | 95 | 5 | 13.53 |
| 4 | M1 | 80 | 20 | 15 |
| 5 | M4 | 90 | 10 | 13.96 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 14.26 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 14.2 |
| 8 | M5 | 95 | 5 | 13.55 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 14.31 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 14.27 |

También Villanueva (2012) hace mención que la harina de trigo duro se caracteriza, a su vez, por poseer mayor cantidad de proteínas, mayor absorción de agua y granulometría más gruesa que la harina de trigo suave; de ahí la importancia de realizar sustituciones con harina con mayor contenido proteico en los bizcochos y queques.

Tabla 37: ANVA proteínas (%)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|-----|----------------|-----------|------------------|---------------|
| Modelo | 2.3058 | 2 | 1.1529 | 646.3364 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 2.3055 | 1 | 2.3055 | 1292.5393 | < 0.0001 | |
| AB | 0.0002 | 1 | 0.0002 | 0.1336 | 0.7256 | |
| Residual | 0.0125 | 7 | 0.0018 | | | |
| Error puro | 0.0064 | 5 | 0.0013 | | | |
| Total | 2.3182 | 9 | | | | |

El % Proteína en las mezclas de harina de trigo con harina de castaña presenta variaciones significativas.

En la tabla 37 el valor F de 646.34 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto del análisis del %Proteína, al 5% de significancia.

Design-Expert® Software

Proteínas
◆ DesignPoints
X1 = A: HARINA TRIGO
X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

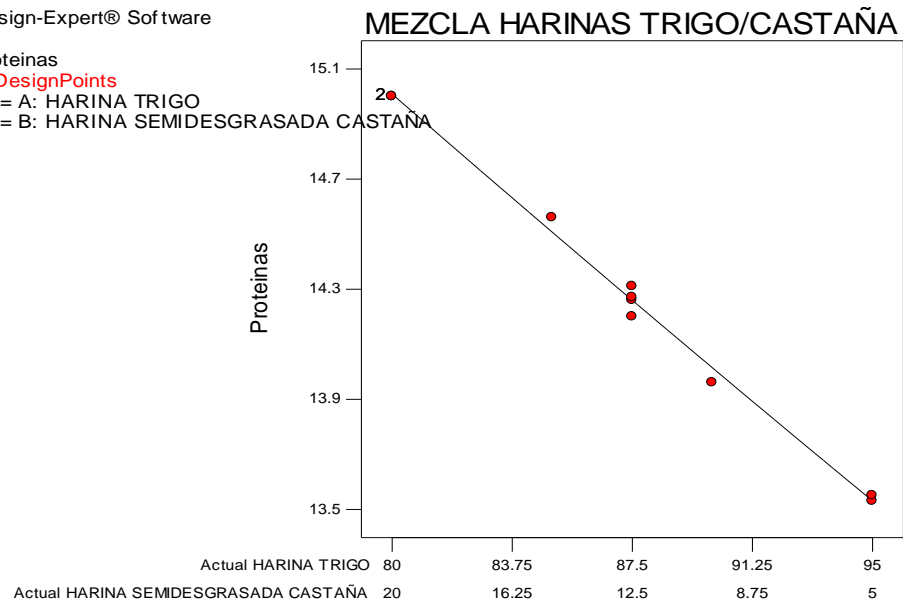


Figura 22: Gráfico de respuesta de la mezcla para proteína (%)

En la figura 22 podemos observar la respuesta para el porcentaje de proteína. Se puede notar que a medida que disminuye el porcentaje de harina de castaña disminuye nivel de proteína.

La ecuación de regresión para los datos de %proteína es:

$$\text{PROTEÍNAS} = +13.05670 * X1 + 24.28378 * X2 - 1.83260 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.040 |
| R-cuadrado | 0.9946 |
| R-cuadrado (pred) | 0.9916 |
| C.V. % | 0.30 |
| Media | 14.26 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 99.46% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 99.16% datos futuros.

4.5.1.3. Grasa

En la tabla 38 se muestra los resultados de los análisis de %Grasa de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña, como se observa que a medida se aumenta la proporción de harina de castaña aumenta el porcentaje de grasa, esto debido al alto contenido de grasa de la castaña (40.47 + 0.19%).

Tabla 38: Grasa en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña.

| Tratamiento | Formulaciones | A:Harina Trigo % | B:Harina Castaña % | Grasa % |
|-------------|---------------|------------------|--------------------|---------|
| 1 | M2 | 85 | 15 | 10.82 |
| 2 | M1 | 80 | 20 | 12.8 |
| 3 | M5 | 95 | 05 | 3.78 |
| 4 | M1 | 80 | 20 | 13.52 |
| 5 | M4 | 90 | 10 | 7.19 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 7.01 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 7.8 |
| 8 | M5 | 95 | 05 | 4.29 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 7.43 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 7.6 |

El alto contenido de grasa que mantiene la harina de castaña, es por la baja eficiencia del método de extracción de aceite que se realizó. Este alto contenido en grasa y por ser rico en omega 6 y 9 lo hacen un alimento de alto valor energético (Menezes y Souza, 2004).

Tabla 39: ANVA grasa (%)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|-----|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 90.9304 | 2 | 45.4652 | 84.548 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 89.6901 | 1 | 89.6901 | 166.789 | < 0.0001 | |
| AB | 1.2403 | 1 | 1.2403 | 2.306 | 0.1726 | |
| Residual | 3.7642 | 7 | 0.5377 | | | |
| Error puro | 0.7279 | 5 | 0.1456 | | | |
| Total | 94.6946 | 9 | | | | |

El % Grasa en las mezclas de harina de trigo con harina de castaña presenta variaciones significativas.

En la tabla 39 el valor F de 84.548 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto del análisis del %Grasa, al 5% de significancia.

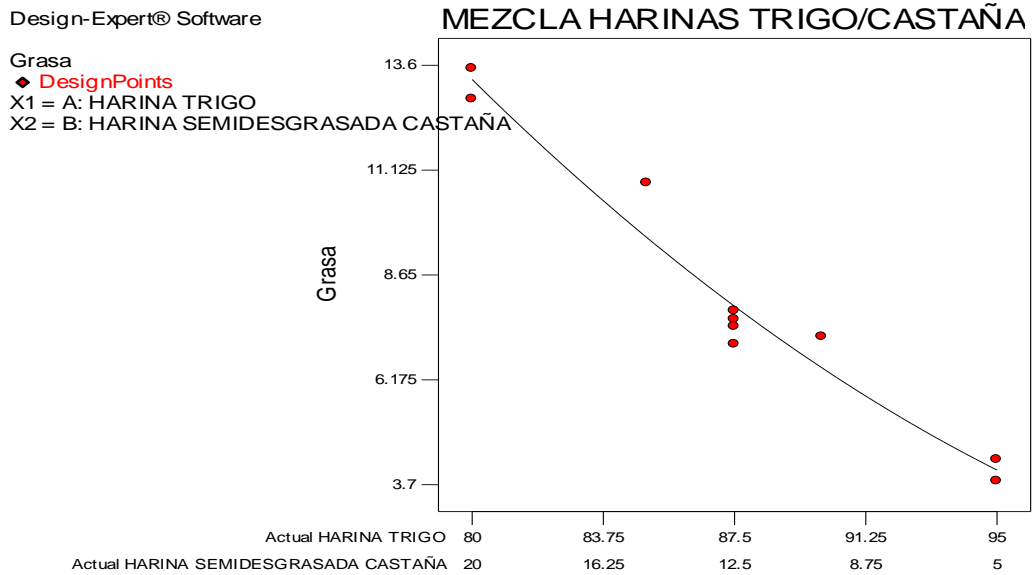


Figura 23: Gráfico de respuesta de la mezcla para grasa (%)

En la figura 23 podemos observar la respuesta para el porcentaje de grasa. Se puede notar que a medida que disminuye el porcentaje de harina de castaña disminuye el contenido de grasa en la formulación.

La ecuación de regresión para los datos de %grasa es:

$$\text{GRASA} = +2.29446 * X1 + 162.91889 * X2 - 132.2291 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.73 |
| R-cuadrado | 0.9602 |
| R-cuadrado (pred) | 0.9318 |
| C.V. % | 8.92 |
| Media | 8.22 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 96.02% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 93.18% datos futuros.

4.5.1.4. Ceniza

En la tabla 40 se muestra los resultados de los análisis de %Ceniza de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña, como se observa que a medida se aumenta la proporción de harina de castaña aumenta el porcentaje de ceniza, esto debido al alto contenido de ceniza de la castaña (4.89 + 0.09%).

Tabla 40: Ceniza en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña.

| Tratamiento | Formulaciones | A:Harina Trigo % | B:Harina Castaña % | Ceniza % |
|-------------|---------------|------------------|--------------------|----------|
| 1 | M2 | 85 | 15 | 1.37 |
| 2 | M1 | 80 | 20 | 1.47 |
| 3 | M5 | 95 | 5 | 0.9 |
| 4 | M1 | 80 | 20 | 1.35 |
| 5 | M4 | 90 | 10 | 1.19 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 1.22 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 1.24 |
| 8 | M5 | 95 | 5 | 0.96 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 1.22 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 1.25 |

Este alto contenido en ceniza presente en la mezcla, se debe principalmente a lo aportado por la harina de castaña, mantiene relación con los valores encontrados por Sotero (2011).

Tabla 41: ANVA ceniza (%)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|-----|----------------|----------|------------------|---------------|
| Modelo | 0.2599 | 2 | 0.1300 | 64.5393 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 0.2464 | 1 | 0.2464 | 122.3722 | < 0.0001 | |
| AB | 0.0135 | 1 | 0.0135 | 6.7064 | 0.0360 | |
| Residual | 0.0141 | 7 | 0.0020 | | | |
| Error puro | 0.0097 | 5 | 0.0019 | | | |
| Total | 0.2740 | 9 | | | | |

El % Ceniza en las mezclas de harina de trigo con harina de castaña presenta variaciones significativas.

En la tabla 41 el valor F de 64.54 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto del análisis del %Ceniza, al 5% de significancia.

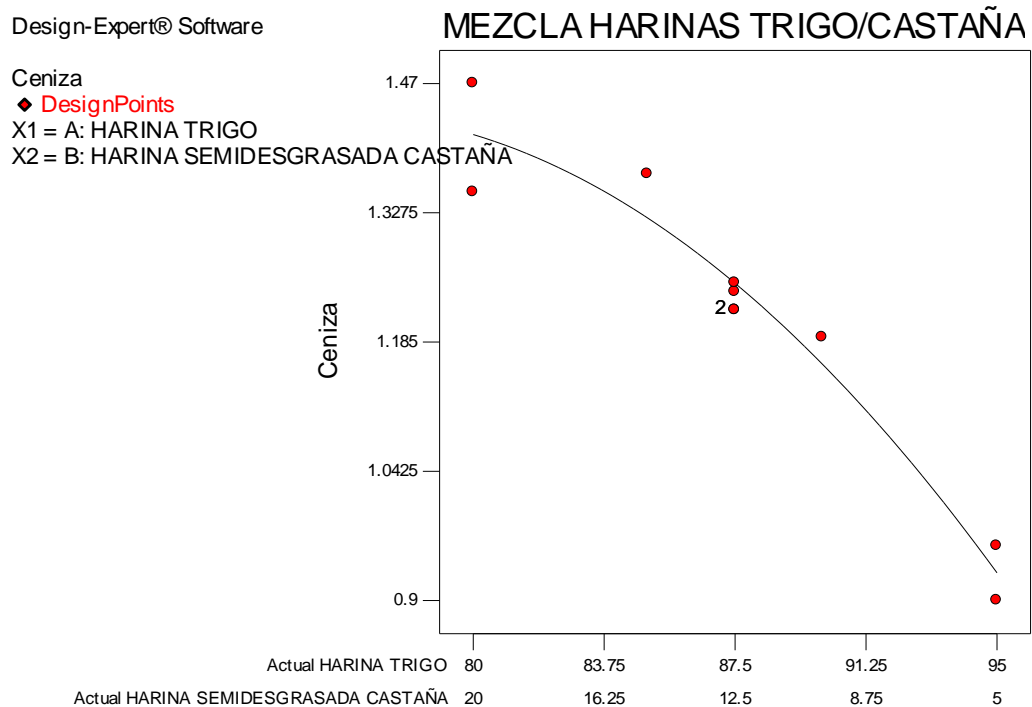


Figura 24: Gráfico de respuesta de la mezcla para ceniza (%)

En la figura 24 podemos observar la respuesta para el porcentaje de ceniza. Se puede notar que a medida que disminuye el porcentaje de harina de castaña disminuye el contenido de ceniza en la formulación.

La ecuación de regresión para los datos de %ceniza es:

$$\text{CENIZA} = +0.631553 * X1 - 0.64954 * X2 + 13.79734 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.045 |
| R-cuadrado | 0.9486 |
| R-cuadrado (pred) | 0.8484 |
| C.V. % | 3.69 |
| Media | 1.22 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 94.86% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 84.84% datos futuros.

4.6. ANÁLISIS REOLÓGICO

4.6.1. Análisis amilográfico

La amilografía utilizada para la determinación de la actividad diástica de una harina, principalmente de harina de trigo y centeno. Del amilógrafo se obtiene la altura de la curva, la cual indica el grado de gelatinización la cual quiere decir que el almidón no se une con el agua y esto permanece libre. Una curva elevada demuestra un alto grado de gelatinización y buena capacidad de mantener el agua, de modo que no quede libre. (Watanabe y Col, 1998).

En la tabla 42 se muestra los resultados del análisis amilográfico de los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña.

Tabla 42: Análisis amilográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña

| Tratamiento | Formulación | A:Harina Trigo | B:Harina Castaña | Temperatura de inicio de gelatinización | Temperatura máxima de gelatinización | Máximo de gelatinización |
|-------------|-------------|----------------|------------------|---|--------------------------------------|--------------------------|
| | M | % | % | °C | °C | UA |
| 0 | M0 | 100.0 | 0.0 | 65.4 | 90.3 | 1332 |
| 1 | M2 | 85.0 | 15.0 | 62.9 | 88.0 | 594 |
| 2 | M1 | 80.0 | 20.0 | 64.0 | 87.5 | 492 |
| 3 | M5 | 95.0 | 5.0 | 63.4 | 90.0 | 1018 |
| 4 | M1 | 80.0 | 20.0 | 64.1 | 87.3 | 502 |
| 5 | M4 | 90.0 | 10.0 | 61.6 | 89.0 | 744 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 63.3 | 89.6 | 810 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 63.1 | 89.3 | 813 |
| 8 | M5 | 95.0 | 5.0 | 63.3 | 89.9 | 1020 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 62.9 | 89.5 | 811 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 63.2 | 89.3 | 810 |

En las figuras 38, 39, 40, 41, 42 (Anexo III) muestran los puntos de evaluación: comienzo de gelatinización (punto azul), temperatura máxima de gelatinización (+ azul) y máximo de gelatinización (eje y).

Se puede observar en la tabla 42 como varía la temperatura máxima de gelatinización conforme la sustitución de harina de castaña aumenta, la formulación M5 (95% trigo; 5% castaña) es la que presenta una

temperatura de gelatinización de 90°C con un máximo de gelatinización de 1020 UA, en tanto que la formulación M1 (80% trigo; 20% castaña) presenta una temperatura de gelatinización de 87.5°C con un máximo de gelatinización de 492 AU; mientras que la harina sola presenta una temperatura de gelatinización de 90.3°C con un máximo de gelatinización de 1332 AU.

La temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento (asociación) intragranular, por lo que mientras mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación entre macromoléculas en el interior del gránulo de almidón (Calcáneo, 1991), lo que explica que a una mayor sustitución de harina de castaña menor es la temperatura de gelatinización.

El punto máximo de gelatinización fue observado en la formulación M5 con 1020 AU, mientras que las formulación M3 y M1 con 810 AU y 492 AU respectivamente, lo que hace suponer que a mayor sea el AU, menor es la actividad enzimática de la harina.

Ferreras (2009), indica que hay una relación directa entre la cantidad de cenizas y el aumento o disminución de la viscosidad, esto debido a que al aumentar el porcentaje de cenizas, disminuye el de almidón, que es el responsable de la viscosidad de la harina.

Por lo que tiene relación con los gráficos amilográficos que la viscosidad (UA) va disminuyendo con un mayor porcentaje de harina de castaña en las mezclas (ver figuras 18, 19 y 20).

El aumento de viscosidad que se produce al calentar el almidón en agua, es principalmente, el resultado de la absorción de agua e hinchamiento del almidón. Al continuar el calentamiento, se distorsiona el grano de almidón y pasa a la solución almidón soluble; este almidón y la continuada absorción de agua por lo que queda de los granos de almidón, son los responsables del aumento de viscosidad. Estas alteraciones que se producen después de la gelificación (pérdida de birrefringencia) se llama “pasting” o empaste. La solubilización del almidón es continua. No es completa

mientras no se haya solubilizado totalmente la estructura granular. (Hoseney, 1991).

El gránulo de almidón es completamente insoluble en agua fría. Sin embargo cuando se calienta, progresivamente una suspensión de almidón los gránulos empiezan a gelatinizar. A los 60°C los débiles enlaces son disociados, los gránulos empiezan a hincharse y la estructura interna inicia sus cambios. Si se continúa calentando se produce una penetración del agua en el interior y gránulo continúa hinchando y gelificando, hasta formar una pasta más o menos espesa y clara. Este fenómeno es primordial para que las enzimas puedan ejercer su acción. En efecto el gran tamaño de la amilasa le hace incapaz de penetrar por los finos microporos del gránulo. Por efecto de la gelatinización se abre el gránulo y la amilasa puede atacar las fracciones del almidón. Bernabé (2005).

La amilosa es la responsable de la retrogradación del almidón como consecuencia de su estructura linear. La amilopectina tiene poca tendencia a retrogradar como consecuencia de su estructura ramificada poco apta para la formación de redes moleculares. (Hoseney, 1991).

4.6.1.1. Análisis estadístico de máximo de gelatinización (AU) y la temperatura de gelatinización (°C)

A) Temperatura máxima de gelatinización (°C)

Tabla 43: ANVA Temperatura máxima de gelatinización

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 7.5897 | 2 | 3.7949 | 23.8399 | 0.0008 | significativo |
| Mezcla lineal | 6.9918 | 1 | 6.9918 | 43.9237 | 0.0003 | |
| AB | 0.5979 | 1 | 0.5979 | 3.7560 | 0.0938 | |
| Residual | 1.1143 | 7 | 0.1592 | | | |
| Error puro | 0.0925 | 5 | 0.0185 | | | |
| Total | 8.7040 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la temperatura máxima de gelatinización del análisis amilográfico.

En la tabla 43 el valor F de 23.84 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a la temperatura máxima de gelatinización, como lo describe el gráfico de respuesta en la figura 25 que el comportamiento de la temperatura máxima de gelatinización disminuye a medida que la sustitución de harina de castaña aumenta, esto debido al muy bajo contenido de almidón que presentan los frutos secos (Menezes y Souza, 2004), afectando significativamente en los resultados en comparación con la harina de trigo.

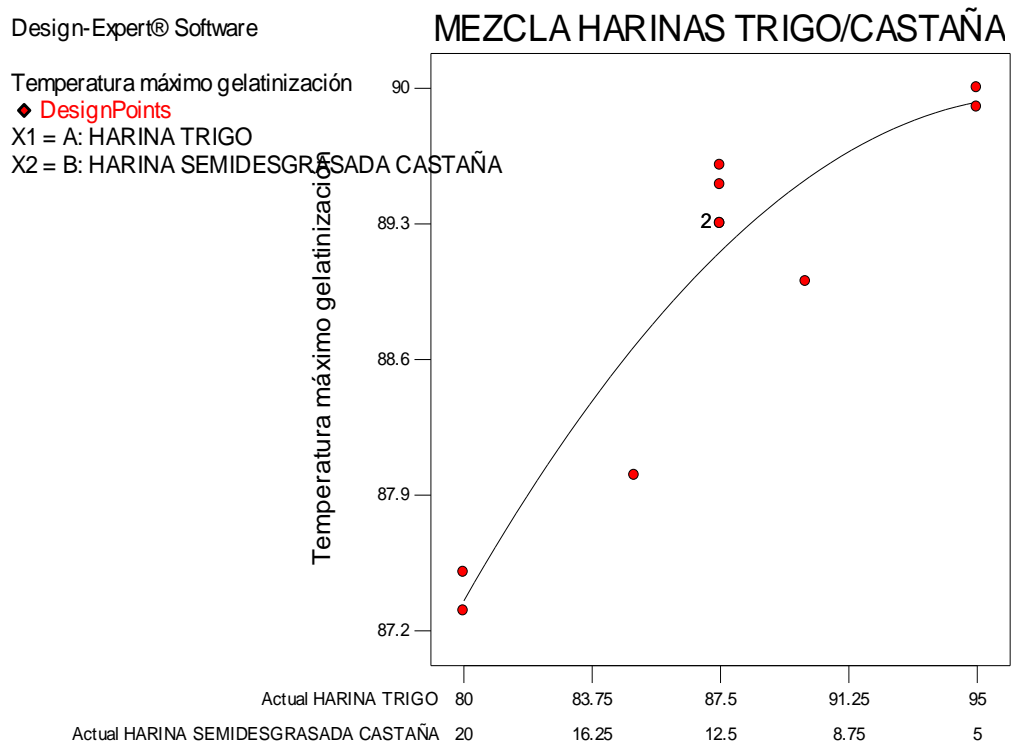


Figura 25: Gráfico de respuesta de temperatura máximo de gelatinización (°C)

La ecuación de regresión para los datos de temperatura máxima de gelatinización es:

$$\text{TEMPERATURA MÁXIMO GELATINIZACIÓN} = +89.86831 * X1 + 3.85578 * X2 + 91.806167400881 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|---------|
| Desv. Estad. | 0.40 |
| R-cuadrado | 0.8720 |
| R-cuadrado (pred) | 0.8049 |
| C.V. % | 0.45 |
| Media | 88.9400 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 87.20% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 80.49% datos futuros.

B) Máximo de gelatinización (UA)

Tabla 44: ANVA máximo de gelatinización (UA)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 283461.15789 | 1 | 283461.1579 | 83.0861 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 283461.15789 | 1 | 283461.1579 | 83.0861 | < 0.0001 | |
| Residual | 27293.24211 | 8 | 3411.6553 | | | |
| Error puro | 58.00000 | 5 | 11.6000 | | | |
| Total | 310754.40000 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto al máximo de gelatinización del análisis amilográfico.

En la tabla 44 el valor F de 83.09 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto al máximo de gelatinización, como lo describe el gráfico de respuesta en la figura 26, donde se aprecia que a medida que aumenta la sustitución de harina de castaña, esta influye significativamente sobre el efecto de gelatinización, si tenemos en cuenta que la harina de castaña tiene un alto contenido de grasa, proteína y cenizas y bajo porcentaje de almidón y agua (Sotero, 2011).

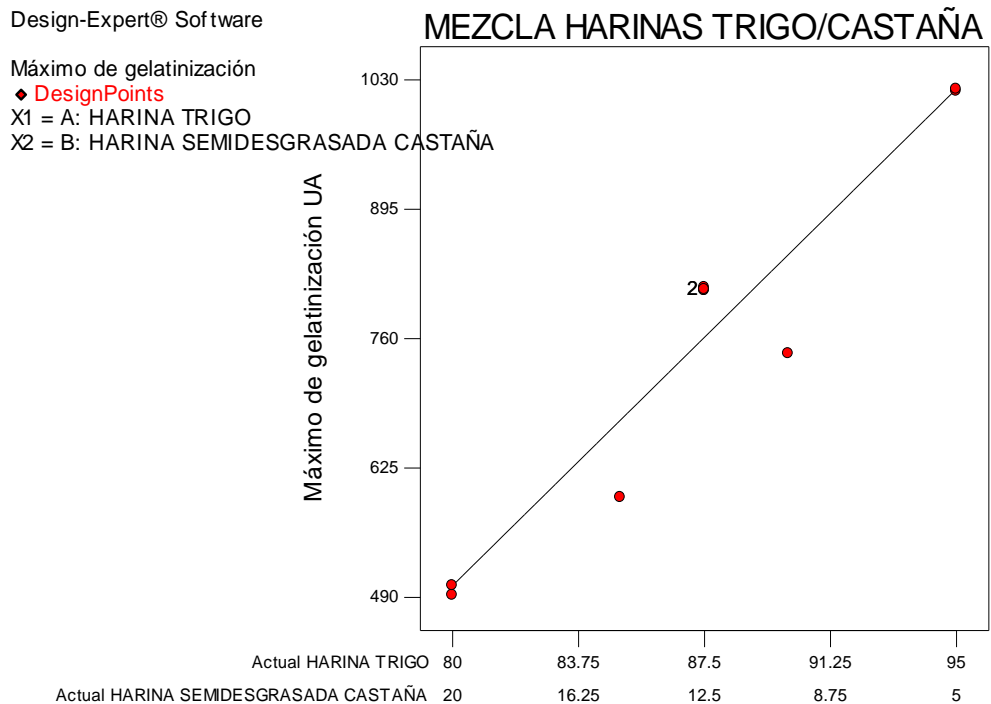


Figura 26: Gráfico de respuesta de máximo de gelatinización (AU)

La ecuación de regresión para los datos de máximo de gelatinización es:

$$\text{MÁXIMO GELATINIZACIÓN} = +1193,242105 X1 - 2261,494737 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 58.41 |
| R-cuadrado | 0.9122 |
| R-cuadrado (pred) | 0.8870 |
| C.V. % | 7.67 |
| Media | 761.40 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 91.22% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 88.70% datos futuros.

4.6.2. Análisis farinográfico

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

Tabla 45: Análisis farinográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña.

| Tratamiento | Formulación | A:Harina Trigo | B:Harina Castaña | Consistencia | Absorción de agua respecto a la consistencia | Tiempo de desarrollo | Tiempo de estabilidad |
|-------------|-------------|----------------|------------------|--------------|--|----------------------|-----------------------|
| | M | % | % | FE | % | min | min |
| 0 | M0 | 100.0 | 0.0 | 703 | 55.6 | 3.33 | 5.77 |
| 1 | M2 | 85.0 | 15.0 | 516 | 56.4 | 4.63 | 4.87 |
| 2 | M1 | 80.0 | 20.0 | 473 | 55.3 | 5.02 | 4.30 |
| 3 | M5 | 95.0 | 5.0 | 621 | 59.0 | 3.95 | 5.25 |
| 4 | M1 | 80.0 | 20.0 | 480 | 55.0 | 4.97 | 4.32 |
| 5 | M4 | 90.0 | 10.0 | 558 | 57.5 | 4.52 | 5.02 |
| 6 | M3 | 87.5 | 12.5 | 464 | 54.7 | 5.95 | 6.13 |
| 7 | M3 | 87.5 | 12.5 | 467 | 54.9 | 5.97 | 6.09 |
| 8 | M5 | 95.0 | 5.0 | 628 | 59.0 | 3.90 | 5.27 |
| 9 | M3 | 87.5 | 12.5 | 461 | 54.5 | 5.92 | 6.11 |
| 10 | M3 | 87.5 | 12.5 | 460 | 54.6 | 5.94 | 6.13 |

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

permite que la masa se desarrolle a la vez que se mide la estabilidad y tolerancia al amasado. (Bravo, 1999).

Oliver y Allen (1992) indican que de esta manera podemos saber el tiempo de trabajo mecánico que se le puede aplicar a la masa hasta antes de colapsar su malla de gluten. También nos permite saber el porcentaje de agua que se requiere para alcanzar una consistencia de 500 UB (Unidades Brabender).

En la tabla 45 se indica los valores correspondientes a la consistencia, absorción de agua, tiempo de desarrollo y tiempo de estabilidad de las formulaciones.

Las figuras 44, 45, 46, 47, 48 (Anexo III), muestran los farinogramas con comportamientos diferentes, estos comportamientos están en función del contenido y calidad de su proteína.

De las figuras 44, 45, 47, 48 (Anexo III) se observa que la consistencia es (Set point) 500 FE (línea verde horizontal), por lo que la variable respuesta de consistencia, según mezcla en un punto DDT (tiempo de desarrollo) tiende a llegar al set point establecido, así para las formulaciones M5 y M4 (5 y 10% de harina de castaña) tienen los DDT más cortos (3.90 y 4.52 minutos) en llegar a la consistencia establecida. La formulación M3 (12.5% de harina de castaña), es la que tiene DDT más largo (5.97 minutos). La harina de trigo es el que tiene DDT más corto (3.33 minutos) ya que no ha sufrido cambios en su composición con respecto a las formulaciones.

La absorción de agua representa la cantidad necesaria de este elemento para alcanzar una consistencia en el amasado de 500 Unidades Brabender (Pantanelli, 2009). La calidad de los tratamientos actúan sobre la absorción del agua necesaria para alcanzar una consistencia, la cual se disminuye a medida que se va aumentando el porcentaje de sustitución con harina de castaña como se aprecia en los resultados de la tabla 44; además la estabilidad también va disminuyendo notablemente, indicando menor tiempo de desarrollo del gluten.

Esta requiere la adición de una cierta cantidad variable de agua según las diversas harinas, con el fin de obtener la consistencia óptima requerida para la elaboración de panes o pastas.

Para todos nuestros tratamientos el grado de absorción está en un rango desde 54.5% en la formulación M3 (87.5% harina de castaña) y 59% en la formulación M5 (5% de harina de castaña), mientras que la harina de trigo presenta 55.6% de absorción de agua.

Los datos de consistencia entre mezclas muestran diferencia por mezcla, esto es debido a que cada mezcla contiene un contenido diferente de harina de trigo, como se observa los datos difieren de la harina de trigo, esto es debido a diversos factores que influyen en la consistencia de las harinas:

Uno de ellos es que una harina con baja proteína y calidad pobre, presenta un tiempo de resistencia al mezclado menor que una harina con alta proteína y calidad buena.

La proteína es el compuesto que más afecta la funcionalidad y calidad de los productos de trigo, esto es debido a que importantes factores como la absorción de agua, el tiempo de amasado y la estabilidad dependen de la calidad de la proteína (Kent, 1983).

En los gráficos de farinografía (Anexo III) se observa cómo disminuye la consistencia conforme aumenta el porcentaje de harina de castaña. En la figura 26 (correlación), observamos que las formulaciones M2, M4 y M5 llegan a la consistencia mayor a 500 FE, en tanto las formulaciones M1 y M3 están por debajo de la línea de 500 FE.

Los datos de las formulaciones difieren de diversos factores que influyen en la consistencia de las harinas; uno de ellos es que una harina con baja proteína y calidad pobre, presenta un tiempo de resistencia al mezclado que una harina con alta proteína y calidad buena. La proteína es el compuesto que más afecta la funcionalidad y calidad de los productos de trigo, esto es debido a que importantes factores como la absorción de agua, el tiempo de

amasado y la estabilidad dependen de la cantidad de proteína (Sierra et al., 2006).

En la tabla 45 se muestran parámetros farinográficos de las mezclas de harina de trigo y harina semidesgrasada de castaña, se observa que la absorción de agua difiere de acuerdo a cada mezcla, la calidad del producto final de la harina se relaciona con la absorción de agua del farinograma (Saxena et al., 1997). Además Dhaliwal et al., (1987) evaluaron las propiedades de molienda y rango de las características de las harinas encontrando una correlación directa de absorción de agua con proteínas. El porcentaje de absorción se refiere a la cantidad de agua que la masa permite absorber hasta que adquiere una consistencia óptima, media a 500 FE de la curva, se dice que a mayor agua absorbida hay mayor cantidad de gluten fuerte en la harina (Jara C., 2006).

Para el caso de las pastas, al elaborar la masa, esta requiere la adición de una cierta cantidad variable de agua según diversas harinas, con el fin de obtener la consistencia óptima requerida para su elaboración, el farinógrafo se consigue, al ir agregando agua, hasta que el gráfico marque la cifra de 500, que corresponde a la consistencia normal (M2, M4 y M5). Como se ha anotado, esta capacidad de absorción de agua, es un carácter instintivo de las harinas; por lo tanto, refleja en cierto modo la naturaleza de la estructura íntima de la harina, que determina sus cualidades plásticas. (Sierra et al., 2006).

La edad de las harinas influye en los resultados farinográficos, ya que en la misma hay oxidación natural de las grasas, provocando cambios en el farinograma. Los niveles de almidón dañado en la molienda, afectan la absorción de agua en el farinógrafo. La calidad de la proteína afecta la absorción de agua, y la granulometría altera la absorción de agua. Pues todo lo mencionado produce cambios en el perfil farinográfico de la harina que conducen a variaciones en el índice de estabilidad y tolerancia de la masa. (Bravo, 1999).

El tiempo de desarrollo es el tiempo que tarda la harina para llegar a su máxima consistencia en forma de masa cuando ha absorbido agua (De La Llave, 2004). En la tabla 45, se muestra que la formulación M5 (95% H. trigo / 5% H. castaña), tuvo un tiempo de desarrollo de 3.90 minutos y el de mayor sustitución M1 (80% H. trigo / 20% H. castaña) 5.02 minutos. Según Repo-Carrasco (1998) afirma que el tiempo de desarrollo recomendado para harinas destinadas a la elaboración de queques debe oscilar entre 1-2 minutos, valores muy por debajo de los obtenidos incluido la harina control (M0).

En los farinogramas se observa que los tiempos de llegada lentos, esto puede suceder debido a que una débil absorción de agua corresponde a un bajo contenido de gluten, ya que este factor está determinado por el tiempo que demora la curva para llegar a su punto más alto. Este carácter determina que los tratamientos son de desarrollo lento y por lo tanto requieren en la panificación un método de conducción largo.

El otro parámetro a medir con el farinógrafo es la estabilidad, que no es más que el tiempo expresado en minutos, en que la masa mantiene su máxima consistencia, esto se ve en pico de las curvas de las gráficas (Anexo III). Este valor refleja cuán fuerte es la harina para soportar el amasado. Según Peña et al. (2008), se considera una masa de buena calidad panadera aquella con una estabilidad de 10 a 15 minutos.

En la tabla 45 se observa que la estabilidad es mayor en la formulación M5 (5% H. de castaña) de 5.27 minutos, aunque este tiempo es mayor en la formulación M3 (12.5% H. de castaña) 6:13 minutos, esta su consistencia es demasiada baja, por lo que no se tomará en cuenta. Según Calaveras (1996), la estabilidad es un parámetro importante para establecer si una harina se califica como fuerte o débil, de ello podemos inferir que por tratarse de la mezcla con menor sustitución, tiene mayor disponibilidad para trabajos más largos en panificación que comparado con las otras formulaciones. Empero Repo-Carrasco (1998), dice que la estabilidad de

los queques no debe ser muy larga, debido a que el trabajo en queques no es muy exigente ni largo como en el caso de otros productos de panificación.

Los valores de estabilidad de las formulaciones evaluadas mostradas en la tabla 45, fueron menores a 10 minutos incluido la harina de trigo (5.77 minutos), por lo que según Peña et al. (2008), se relaciona con harinas de masas débiles, las cuales corresponden a trigos suaves; más bien por el tipo de harina utilizado en la sustitución, se debe a un bajo contenido en gluten de las formulaciones.

Se decidió analizar la influencia de la consistencia y la absorción de agua en las formulaciones trabajadas durante la investigación para lograr saber cómo se ve afectadas las masas de harinas al ser mezcladas, saber cuánto es la cantidad de agua necesaria a trabajar y así saber qué tanto de significancia tienen las formulaciones.

4.6.2.1. Análisis estadístico de consistencias (FE), absorción de agua (%) tiempo de desarrollo (min) y tiempo de estabilidad (min)

A) Consistencia (FE)

Tabla 46: ANVA consistencia (FE)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 33639.9942 | 2 | 16819.9971 | 19.6181 | 0.0014 | significativo |
| Mezcla lineal | 22760.5263 | 1 | 22760.5263 | 26.5468 | 0.0013 | |
| AB | 10879.4678 | 1 | 10879.4678 | 12.6893 | 0.0092 | |
| Residual | 6001.6058 | 7 | 857.3723 | | | |
| Error puro | 79.0000 | 5 | 15.8000 | | | |
| Total | 39641.6000 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la consistencia del análisis farinográfico.

En la tabla 46 el valor F de 19.62 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a la consistencia, como lo describe el gráfico de respuesta en la figura 27, donde se aprecia que a medida que aumenta la sustitución de harina de castaña, esta influye significativamente sobre el efecto de la consistencia con respecto a los valores dados por la harina de trigo, si tenemos en cuenta que la harina de castaña tiene un alto contenido de grasa, proteína y cenizas y bajo porcentaje de almidón y agua (Sotero, 2011).

Como indica Sierra et al., (2006), la proteína es el compuesto que más afecta la funcionalidad y calidad de los productos de trigo, esto es debido a que importantes factores como la absorción de agua, el tiempo de amasado y la estabilidad dependen de la cantidad de proteína, y la cantidad de proteína que interviene en la formación del gluten, disminuye a medida que aumenta la sustitución de harina de castaña.

Design-Expert® Software

Consistencia

◆ DesignPoints

X1 = A: HARINA TRIGO

X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

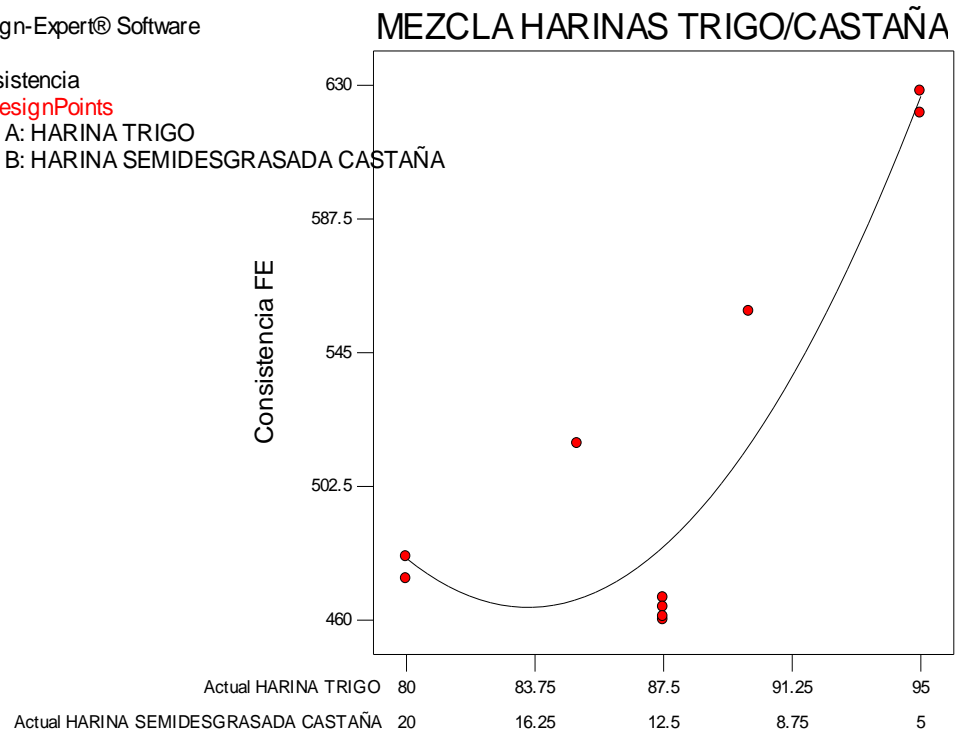


Figura 27: Gráfico de respuesta de consistencia (FE)

La ecuación de regresión para los datos de consistencia es:

$$\text{CONSISTENCIA} = +799,2582889 * X1 + 9108,416647 * X2 - 12384,14097 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 29.28 |
| R-cuadrado | 0.8486 |
| R-cuadrado (pred) | 0.7745 |
| C.V. % | 5.71 |
| Media | 512.80 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 84.86% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 77.45% datos futuros.

B) Absorción de agua (%)

Tabla 47: ANVA absorción de agua (%)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 23.0237 | 2 | 11.5118 | 13.6457 | 0.0038 | significativo |
| Mezcla lineal | 15.4116 | 1 | 15.4116 | 18.2684 | 0.0037 | |
| AB | 7.6121 | 1 | 7.6121 | 9.0231 | 0.0198 | |
| Residual | 5.9053 | 7 | 0.8436 | | | |
| Error puro | 0.1325 | 5 | 0.0265 | | | |
| Total | 28.9290 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la absorción de agua del análisis amilográfico.

En la tabla 47 el valor F de 13.6457 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a la absorción de agua, como lo describe el gráfico de respuesta en la figura 28, donde se aprecia que a medida que aumenta la sustitución de harina de castaña, esta influye significativamente sobre el efecto de la absorción de agua disminuyendo con respecto a los valores dados por la harina de trigo, si tenemos en cuenta que la harina de castaña tiene un alto contenido de grasa, proteína y cenizas y bajo porcentaje de almidón y agua. Un alto contenido de grasa inhibe la absorción de agua en la harina y de otros materiales absorbentes como fibras y gomas (Sotero, 2011).

Absorción de agua respecto a la consistencia

◆ DesignPoints

X1 = A: HARINA TRIGO

X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

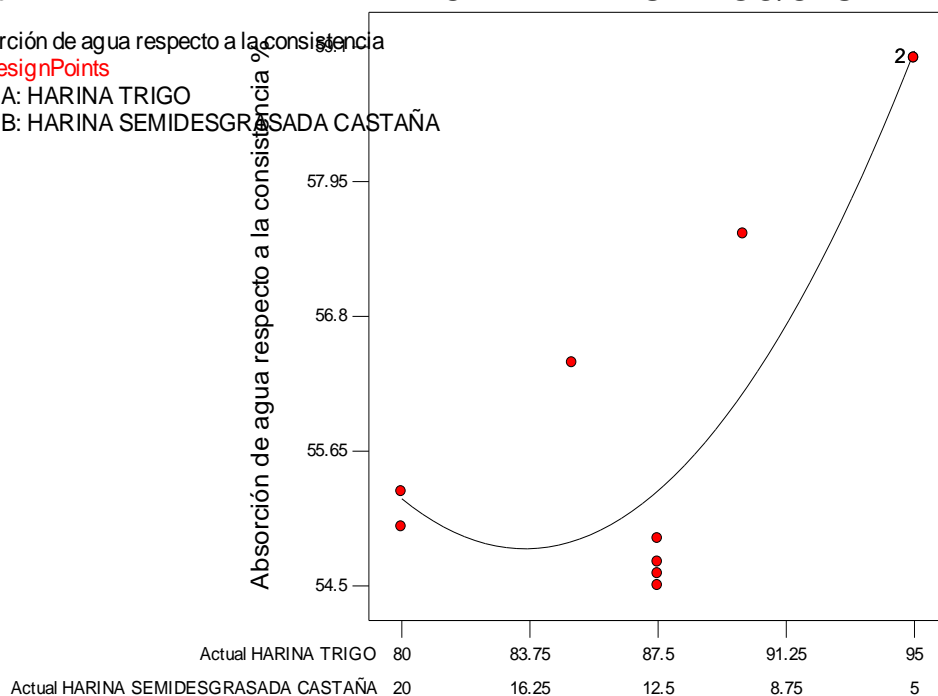


Figura 28: Gráfico de respuesta de absorción de agua (%)

La ecuación de regresión para los datos de consistencia es

$$\text{ABSORCIÓN DE AGUA RESPECTO A LA CONSISTENCIA} = +63,614607 * X1 + 283,8237422 * X2 - 327,5770925 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.92 |
| R-cuadrado | 0.7959 |
| R-cuadrado (pred) | 0.6962 |
| C.V. % | 1.64 |
| Media | 56.09 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 79.59% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 69.62% datos futuros.

C) Tiempo de desarrollo (min)

Tabla 48: ANVA tiempo de desarrollo (min)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 4.0934 | 2 | 2.0467 | 6.8127 | 0.0228 | significativo |
| Mezcla lineal | 1.1210 | 1 | 1.1210 | 3.7313 | 0.0947 | |
| AB | 2.9724 | 1 | 2.9724 | 9.8940 | 0.0163 | |
| Residual | 2.1030 | 7 | 0.3004 | | | |
| Error puro | 0.0036 | 5 | 0.0007 | | | |
| Total | 6.1964 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto al tiempo de desarrollo del análisis amilográfico.

En la tabla 48 el valor F de 6.8127 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto al tiempo de desarrollo.

El tiempo de desarrollo es el tiempo que tarda la harina para llegar a su máxima consistencia en forma de masa cuando ha absorbido agua (De La Llave, 2004). En la figura 29, se muestra que a medida que disminuye la sustitución de harina de castaña, el tiempo de desarrollo también disminuye, esto viene directamente ligado al aumento del gluten y la disminución del contenido de grasa en la masa. Según Repo-Carrasco (1998) afirma que el tiempo de desarrollo recomendado para harinas destinadas a la elaboración de queques debe oscilar entre 1-2 minutos, valores muy por debajo de los obtenidos incluido la harina control (M0).

Design-Expert® Software

MEZCLA HARINAS TRIGO/CASTAÑA

Tiempo de desarrollo

◆ DesignPoints

X1 = A: HARINA TRIGO

X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

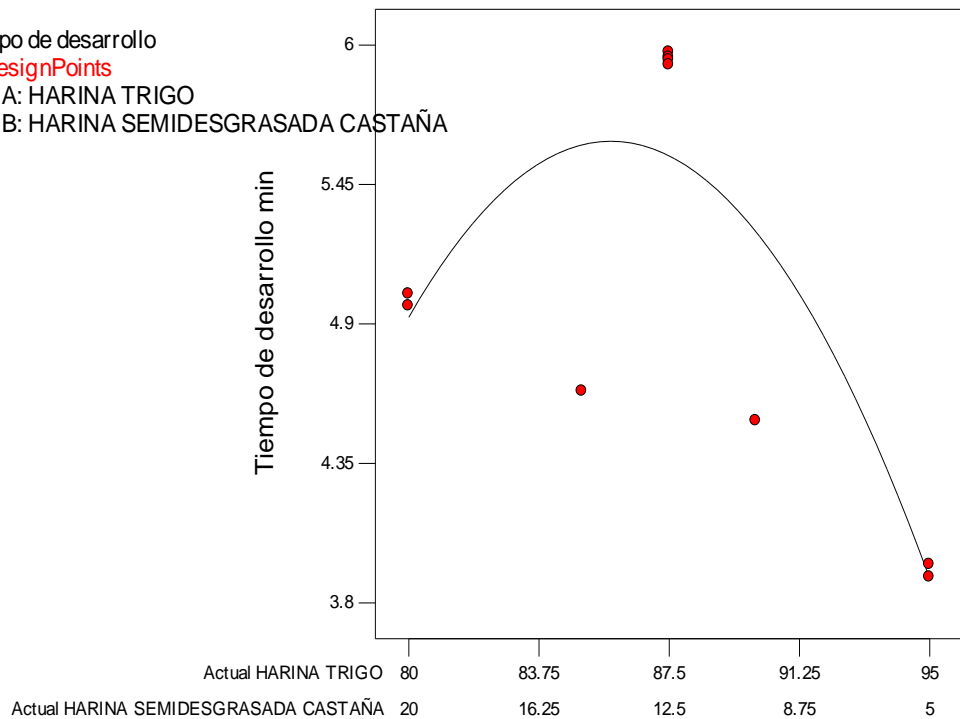


Figura 29: Gráfico de respuesta de tiempo de desarrollo (min)

La ecuación de regresión para los datos de consistencia es:

$$\text{Tiempo de desarrollo} = +1,50563 * X1 - 145,14842 * X2 + 204,69897 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.55 |
| R-cuadrado | 0.6606 |
| R-cuadrado (pred) | 0.4997 |
| C.V. % | 10.80 |
| Media | 5.08 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 66.06% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 49.97% datos futuros.

D) Tiempo de estabilidad (min)

Tabla 49: ANVA tiempo de estabilidad (min)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 3.3506 | 2 | 1.6753 | 7.7364 | 0.0169 | significativo |
| Mezcla lineal | 0.9006 | 1 | 0.9006 | 4.1588 | 0.0808 | |
| AB | 2.4500 | 1 | 2.4500 | 11.3140 | 0.0120 | |
| Residual | 1.5159 | 7 | 0.2166 | | | |
| Error puro | 0.0015 | 5 | 0.0003 | | | |
| Total | 4.8665 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto al tiempo de estabilidad del análisis amilográfico.

En la tabla 49 el valor F de 7.7364 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto al tiempo de estabilidad.

La estabilidad, es el tiempo expresado en minutos, en que la masa mantiene su máxima consistencia (esto se ve en pico de las curvas de las gráficas). Este valor refleja cuan fuerte es la harina para soportar el amasado. Según Peña et al. (2008), se considera una masa de buena calidad panadera aquella con una estabilidad de 10 a 15 minutos. Los valores de estabilidad de las formulaciones evaluadas, fueron menores a 10 minutos incluido la harina de trigo, por lo que según Peña et al. (2008), se relaciona con harinas de masas débiles, las cuales corresponden a trigos suaves; más bien por el tipo de harina utilizado en la sustitución, se debe a un bajo contenido en gluten de las formulaciones. Motivo por el que estas formulaciones pueden ser utilizadas en la elaboración de otros productos de panificación.

Según Calaveras (1996), la estabilidad es un parámetro importante para establecer si una harina se califica como fuerte o débil, de ello podemos inferir que a medida que disminuye la sustitución de harina de castaña aumenta el tiempo de estabilidad como muestra la figura 30, tiene mayor disponibilidad para trabajos más largos en panificación que comparado con las otras formulaciones. Empero Repo-Carrasco (1998), dice que la estabilidad de los queques no debe ser muy larga, debido a que el trabajo en queques no es muy exigente ni largo como en el caso de otros productos de panificación.

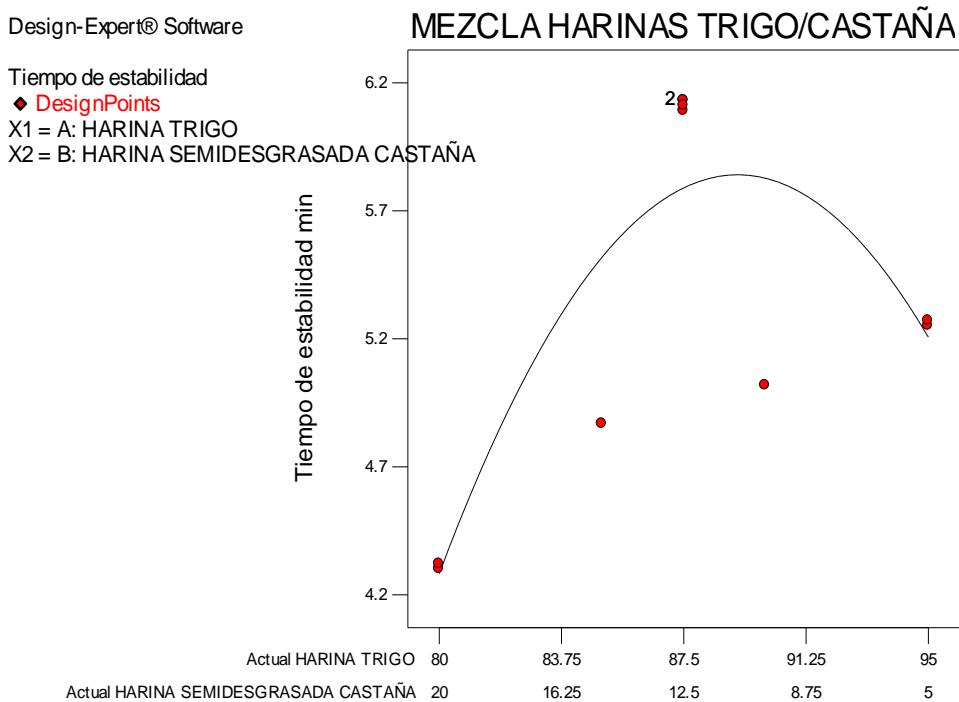


Figura 30: Gráfico de respuesta de tiempo de estabilidad (min)

$$\text{Tiempo de desarrollo} = +3,655632584 * X1 - 141,885522 * X2 + 185,8443465 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 0.47 |
| R-cuadrado | 0.6885 |
| R-cuadrado (pred) | 0.5416 |
| C.V. % | 8.70 |

Media 5.35

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 68.85% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 54.16% datos futuros.

4.6.3. Análisis extensográfico

Tabla 50: Análisis extensográfico en los tratamientos de las mezclas de harina de trigo y harina de castaña.

| Tratamientos | A:Harina Trigo | B:Harina Castaña | Energía | Resistencia a la extensión | Extensibilidad |
|--------------|----------------|------------------|---------|----------------------------|----------------|
| | % | % | cm2 | BU | mm |
| 0 | 100.0 | 0.0 | 216 | 1038 | 135 |
| 1 | 85.0 | 15.0 | 123 | 793 | 111 |
| 2 | 80.0 | 20.0 | 108 | 759 | 109 |
| 3 | 95.0 | 5.0 | 186 | 1296 | 107 |
| 4 | 80.0 | 20.0 | 110 | 769 | 108 |
| 5 | 90.0 | 10.0 | 148 | 897 | 113 |
| 6 | 87.5 | 12.5 | 125 | 1075 | 102 |
| 7 | 87.5 | 12.5 | 124 | 1070 | 103 |
| 8 | 95.0 | 5.0 | 189 | 1305 | 108 |
| 9 | 87.5 | 12.5 | 124 | 1074 | 102 |
| 10 | 87.5 | 12.5 | 122 | 1073 | 103 |

El análisis del extensógrafo determina los cambios en la tenacidad y elasticidad de las masas con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación. Se basa en el grado de fermentación que resiste una harina la que decide la calidad de este. Es la estabilidad más que la fuerza lo que una harina necesita puesto que debe formarse de una masa suficientemente estable para conservar su forma después de moldeada (Stanley, 1998).

La tabla 50 muestra los valores de los Análisis de Estensografía para las formulaciones donde el valor de Energía que es medida como la

superficie de la curva en cm^2 , la cual nos demuestra la calidad de la masa. La Resistencia a la extensión está medida como el alto de la curva, 5cm luego del inicio de la elevación de la curva en BU, lo que demuestra la fuerza que se le opone a la elasticidad de la masa. La Elasticidad medida como el largo de la curva en mm desde el inicio de la elevación de la curva hasta el máximo (rotura de la muestra) lo que demuestra las propiedades del gluten. Máximo que es el punto más alto de la curva en BU, este valor puede alcanzar máximo 1000 BU lo que significa la fuerza en el punto de rotura.

En la tabla 60 (ANEXO III) se observa que la muestra M5 (95% H. trigo / 5% H. castaña) presentó el valor más alto a la resistencia durante los tres tiempos, esto debido a que posee una menor cantidad de sustitución de harina de castaña, el nivel de gluten es menor que en la muestra control, entonces como tiene una menor elasticidad se puede inferir que presenta una mayor resistencia al estiramiento. Siguiendo esa lógica a medida que aumenta la sustitución de harina de castaña debería aumentar esta resistencia a la extensión, pero ocurre totalmente lo opuesto, es decir que al aumentar la sustitución de harina de castaña, disminuye la resistencia al estiramiento. Este efecto puede atribuirse a la gran cantidad de grasa que tiene la harina de castaña lo que afecta negativamente en la formación de la masa, más precisamente afecta los enlaces que forman el gluten.

La formulación control M0 (100% H. trigo) es la que presenta valores más altos de extensibilidad y energía con respecto a las demás formulaciones, lo que indica que está conformada por una harina fuerte (Stanley, 1998), lo cual evidencia de que se encuentra conformada por harina de trigo al 100%.

En las figuras 51, 52, 53 (Anexo III), se observan los extensogramas de las formulaciones M3 (87.5% H. trigo / 12.5% H. castaña), M4 (90% H. trigo / 10% H. castaña) y M5 (95% H. trigo / 5% H. castaña), que poseen un punto máximo en BU mayores a 1000, lo que indica

también la característica de una harina mucho más trabajable y fuerte que las formulaciones M1 (80% H. trigo / 20% H. castaña) y M2 (85% H. trigo / 15% H. castaña).

En los extensogramas de todas las formulaciones (Anexo III) se observa que la extensibilidad es más corta que la formulación control M0 (100% H. trigo), lo que indica una estructura algo correosa de la masa, con una extensibilidad un poco insatisfactoria, lo que lo hace probable que la masa se eleve con cierta dificultad (Stanley, 1998).

En las Figuras 50, 51, 52, 53, 54 (Anexo III) se puede observar el estudio de extensograma como las masas conforme aumenta el tiempo de reposo disminuye la viscoelasticidad de la masa, en los periodos de reposo de 30, 60 y 90 minutos, aumenta la resistencia de las masas, lo que se ve reflejado en la extensibilidad de la masa, ya que conforme aumenta el tiempo de reposo disminuye su extensibilidad en intervalos que dependen de la sustitución y aumenta la resistencia a la extensibilidad conforme aumenta el tiempo de reposo.

En comparación con el estudio reológico de la muestra control, se observa que la adición de la harina de castaña influye en la extensibilidad y su correlación con las características de las masas, por lo cual disminuirá el volumen final de los productos de panificación que se quieran elaborar (Stanley y Young, 2007).

4.6.3.1. Análisis estadístico de la energía (cm²), resistencia a la extensión (BU) y extensibilidad (mm).

A) Energía (cm²)

Tabla 51: ANVA energía (cm²)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 7558.6782 | 2 | 3779.3391 | 206.325 | < 0.0001 | significativo |
| Mezcla lineal | 6474.1053 | 1 | 6474.1053 | 353.440 | < 0.0001 | |
| AB | 1084.5729 | 1 | 1084.5729 | 59.210 | 0.0001 | |
| Residual | 128.2218 | 7 | 18.3174 | | | |
| Error puro | 11.2500 | 5 | 2.2500 | | | |
| Total | 7686.9000 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la energía del análisis extensográfico.

En la tabla 51 el valor F de 206.325 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a la energía.

La figura 31 muestra que a una mayor sustitución de harina de castaña disminuye la energía. Esto significa que cuanto mayor sea el área, mayor es la energía ejercida es mayor y la fuerza de la masa, por lo tanto, más fuerte es la harina por tener una mejor formación de la red del gluten. Lo que se justifica por el hecho de la disminución del gluten (Aguirre E. 1987).

Design-Expert® Software

Energía
◆ DesignPoints
X1 = A: HARINA TRIGO
X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

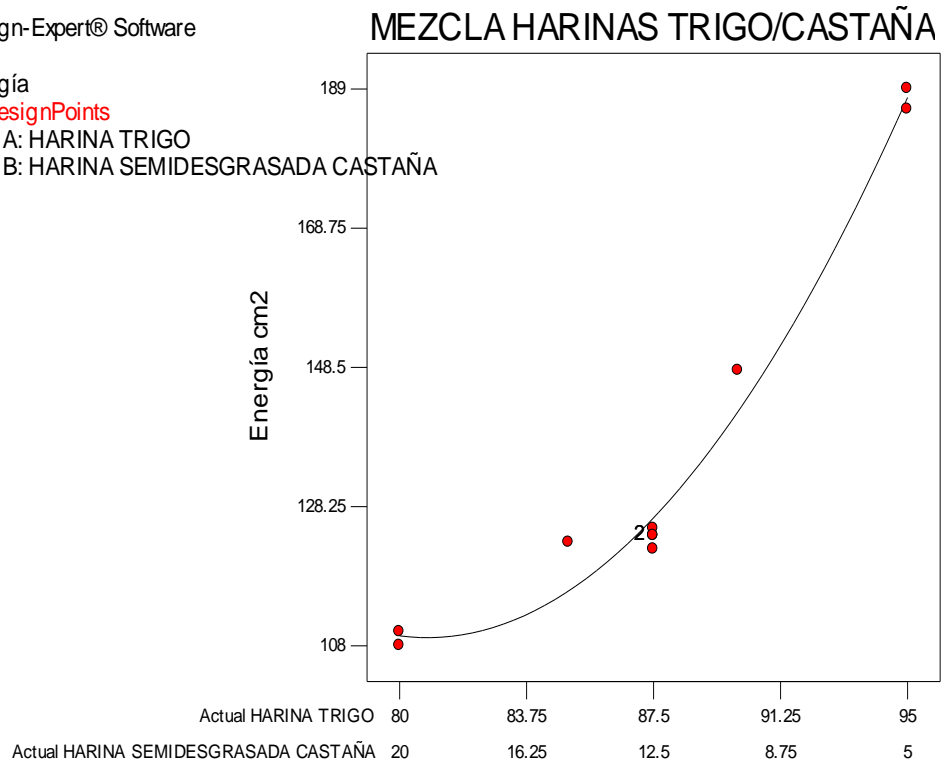


Figura 31: Gráfico de respuesta de energía (cm²)

$$\text{Tiempo de desarrollo} = +252,972409 * X1 + 2663,466265 * X2 - 3910,132159 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|--------|
| Desv. Estad. | 4.28 |
| R-cuadrado | 0.9833 |
| R-cuadrado (pred) | 0.9735 |
| C.V. % | 3.15 |
| Media | 135.90 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 98.33% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 97.35% datos futuros.

B) Resistencia a la extensión (BU)

Tabla 52: ANVA resistencia a la extensión (BU)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|---------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|---------------|
| Modelo | 291601.9920 | 2 | 145800.9960 | 13.7851 | 0.0037 | significativo |
| Mezcla lineal | 290587.6053 | 1 | 290587.6053 | 27.4743 | 0.0012 | |
| AB | 1014.3868 | 1 | 1014.3868 | 0.0959 | 0.7658 | |
| Residual | 74036.9080 | 7 | 10576.7011 | | | |
| Error puro | 104.5000 | 5 | 20.9000 | | | |
| Total | 365638.9000 | 9 | | | | |

Se ha establecido que existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la resistencia a la extensión del análisis extensográfico.

En la tabla 52 el valor F de 13.7851 implica que el modelo es significativo. Se ha establecido que si existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a la resistencia a la extensión.

Stanaley, 1998, describe una lógica, que a medida que hay un aumento de sustitución en la harina de trigo por la menor presencia de gluten, debería aumentar esta resistencia a la extensión, pero ocurre totalmente lo opuesto, es decir que al aumentar la sustitución de harina de castaña, disminuye la resistencia al estiramiento (ver figura 32). Este efecto puede atribuirse a la gran cantidad de grasa que tiene la harina de castaña lo que afecta negativamente en la formación de la masa, más precisamente afecta los enlaces que forman el gluten (Menezes y Souza, 2004).

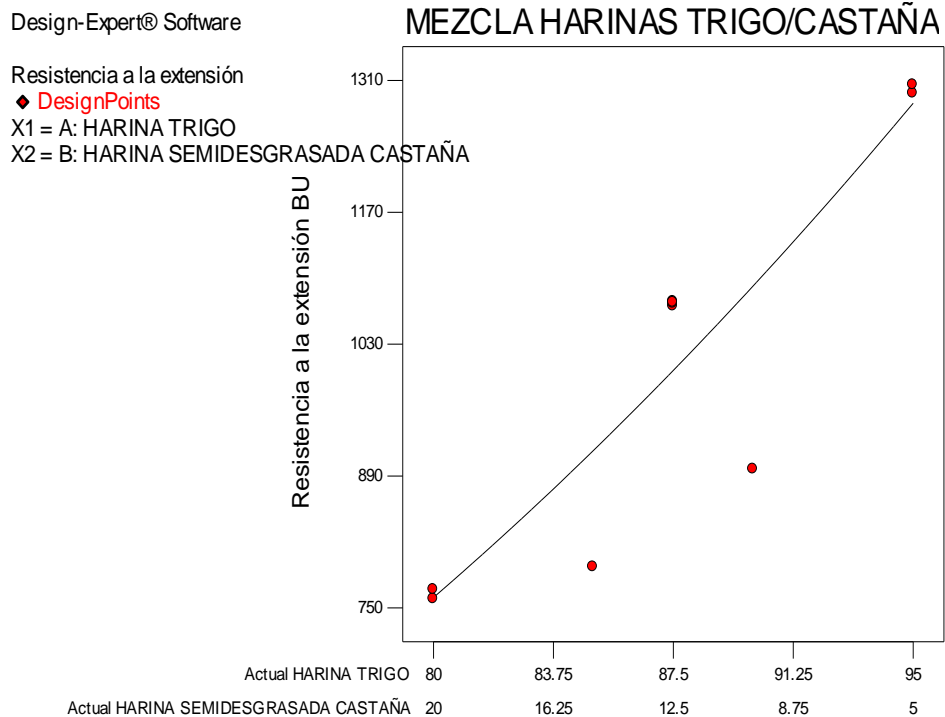


Figura 32: Gráfico de respuesta resistencia a la extensión (BU)

$$\text{Resistencia a la extensión} = +1498.44169 * X1 + 836.67030 * X2 - 3781.49780 * X1 * X2$$

| | |
|-------------------|---------|
| Desv. Estad. | 102.84 |
| R-cuadrado | 0.7975 |
| R-cuadrado (pred) | 0.7289 |
| C.V. % | 10.17 |
| Media | 1011.10 |

Debido a que el valor de la desviación estándar es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado, el valor de R-cuadrado indica que el modelo se ajusta a un 79.75% de los datos; R-cuadrado (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 72.89% datos futuros.

C) Extensibilidad (mm)

Tabla 53: ANVA extensibilidad (mm)

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrado medio | Valor F | p-value Prob > F | |
|-----------------------|-------------------|------|----------------|---------|------------------|------------------|
| Model | 21.0457 | 2 | 10.5229 | 0.6277 | 0.5614 | No significativo |
| <i>A-HARINA TRIGO</i> | 20.7889 | 1 | 20.7889 | 1.2400 | 0.3022 | |
| <i>A²</i> | 20.6247 | 1 | 20.6247 | 1.2302 | 0.3040 | |
| Residual | 117.3543 | 7 | 16.7649 | | | |
| <i>Error puro</i> | 2.0000 | 5 | 0.4000 | | | |
| Total | 138.4000 | 9 | | | | |

Se ha establecido que no existen diferencias significativas entre las formulaciones aplicadas a las formulaciones con respecto a la extensibilidad del análisis extensográfico.

En la tabla 53 el valor F de 0.5277 implica que el modelo no es significativo. Se ha establecido que no existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a extensibilidad.

En este caso no hay términos del modelo significativos.

En la figura 33 se observa que no existen diferencias significativas a la extensibilidad entre las formulaciones. Que puede ser atribuido al alto contenido de grasa y ceniza de la harina de castaña, lo que influencia en la formación del gluten (Menezes y Souza, 2004).

En los extensogramas de todas las formulaciones (Anexo III) se observa que la extensibilidad es más corta que la formulación control M0 (100% H. trigo), lo que indica una estructura algo correosa de la masa, con una extensibilidad un poco insatisfactoria, lo que lo hace probable que la masa se eleve con cierta dificultad (Stanley, 1998).

Design-Expert® Software

Extensibilidad
◆ DesignPoints

X1 = A: HARINA TRIGO

X2 = B: HARINA SEMIDESGRASADA CASTAÑA

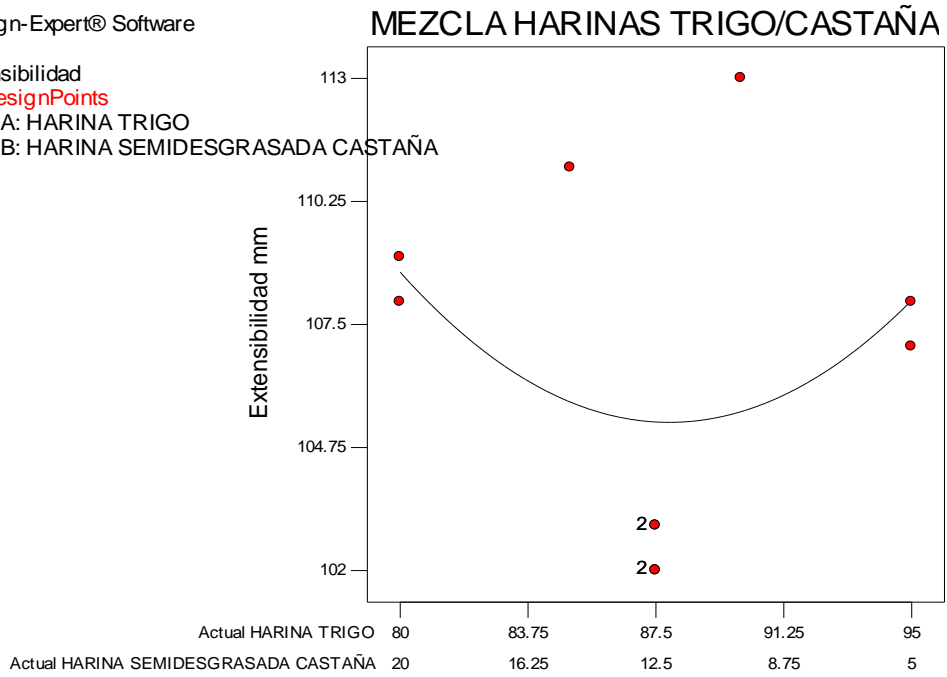


Figura 33: Gráfico de respuesta de extensibilidad (mm)

$$\text{Extensibilidad} = -9.47823 * X1 + 0.053921 * X1^2$$

| | |
|--------------|--------|
| Desv. Estad. | 4.09 |
| R-cuadrado | 0.1521 |
| C.V. % | 3.84 |
| Media | 106.60 |

El valor de R-cuadrado indica que el modelo sólo se ajusta a un 15.21% de los datos. El modelo no es adecuado.

V. CONCLUSIONES

- La composición química proximal de la harina de trigo para la elaboración de las formulaciones analizadas: Proteína (11.46%), Humedad (14.86+0.04%); Carbohidratos (70.03%), Grasa (1.30+0.02%), Ceniza (0.90+0.04%), Fibra (1.46+0.02%).
- La composición química proximal de la harina de castaña: Proteína (22.73+0.18%), Humedad (7.02+0.01%), Grasa (40.47+0.19%), Carbohidratos (6.37%), Cenizas (4.89+0.09%), Fibra (14.94+0.02%).
- Del Análisis Amilográfico: Se determinó la temperatura de gelatinización (°C) para las formulaciones: M1=87.3°C; M2=88.0°C; M3=89.4°C; M4=89.0; M5=90.0°C; y una máxima de gelatinización (UA): M1=502 UA; M2=594UA; M3=813UA; M4=744; M5=1020UA. En donde se ha establecido que existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- Del Análisis Farinográfico: Se determina la consistencia (FE) para las formulaciones: M1=476FE; M2=516FE; M3=463FE; M4=558FE; M5=624FE, En donde se ha establecido que existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- La absorción de agua (%): M1=55.2%; M2=56.4%; M3=54.7; M4=57.5; M5=59%, En donde se ha establecido que existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- El tiempo de desarrollo (min): M1=5.00min; M2=4.63min; M3=5.94min; M4=4.52min; M5=3.92min. En donde se ha establecido que existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- El tiempo de estabilidad (min): M1= 4.31min; M2=4.87min; M3=6.12min; M4=5.02 min; M5=5.26min, En donde se ha establecido que existen diferencias significativas al 5% de significancia.
-
-

- Del Análisis Extensográfico: Se determina la energía (cm²) para las formulaciones: M1=109cm²; M2=123cm²; M3=124cm²; M4=148cm²; M5=188cm²; En donde se ha establecido que existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- La resistencia a la extensión (BU): M1=764BU; M2=793BU; M3=1073BU; M4=897BU; M5=1300BU; En donde se ha establecido que existen diferencias significativas al 5% de significancia.
- La extensibilidad (mm): M1=109mm; M2=111mm; M3=103mm; M4=113mm; M5=108mm, En donde se ha establecido que no existen diferencias significativas. al 5% de significancia.
- La composición fisicoquímica de las formulaciones:

M1: Proteína = 15+0%; Humedad = 12.62+0.07; Grasa = 13.16+0.51%; Carbohidratos = 58.36%; Cenizas = 1.41+0.08%; Fibra = 3.91%.

M2: Proteína = 14.56+0.01%; Humedad = 12.93+0.04; Grasa = 10.82+0.22%; Carbohidratos = 61.61%; Cenizas = 1.37+0.07%; Fibra = 3.22%.

M3: Proteína = 14.26+0.08%; Humedad = 13.30+0.01; Grasa = 7.40+0.56%; Carbohidratos = 63.24%; Cenizas = 1.23+0.01%; Fibra = 2.87%.

M3: Proteína = 14.26+0.08%; Humedad = 13.30+0.01; Grasa = 7.40+0.56%; Carbohidratos = 63.24%; Cenizas = 1.23+0.01%; Fibra = 2.87%.

M4: Proteína = 13.96+0.09%; Humedad = 13.66+0.06; Grasa = 7.19+0.50%; Carbohidratos = 64.86%; Cenizas = 1.19+0.03%; Fibra = 2.53%.

M5: Proteína = 13.54+0.01%; Humedad = 13.85+0.17; Grasa = 4.04+0.36%; Carbohidratos = 68.11%; Cenizas = 0.93+0.04%; Fibra = 1.84%.
- Desde el punto de vista nutricional de las formulaciones se obtuvieron un cómputo químico elevado de aminoácidos superior al 100%, por el aporte proteico de la harina de castaña, a excepción de la LISINA que se presenta como el aminoácido limitante (50.32% - 56.98%). La TREONINA también presenta valores por debajo de 100% (83.42% - 84.72%), sin embargo, excedió el 70% recomendado por la FAO.

- Se concluye que la harina de castaña afecta negativamente en las características reológicas de la masa, en gran parte a su muy bajo contenido de carbohidratos, y a la vez muy altos en grasas, cenizas y fibra.
- El aporte en proteínas y aminoácidos esenciales que hace la harina de castaña es significativo en todas las formulaciones, lo que lo convierte en una opción interesante como sustituto en los productos de panificación.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones sobre los productos de panificación como son los cupcake, pastas u otros de repostería. En referencia a los resultados del análisis reológico.
- Si bien se ha demostrado que la harina de castaña tiene un aporte muy importante en aminoácidos esenciales (a excepción de la LISINA), se puede realizar mezclas con granos andinos que puedan mejorar el tenor de aminoácidos.
- Realizar análisis con respecto a otros componentes que contiene la harina de castaña como son ácidos grasos esenciales (Omega 6 y Omega 9), que son nutrientes muy importantes en la ingesta tanto de niños como adultos mayores.
- El elemento que se encuentra en pequeñas cantidades dentro de la castaña, según estudios en la fibra, es el Selenio, que, según estudios realizados sobre todo por investigadores brasileños, en la cantidad que se encuentra en esta oleaginosa, es un agente que previene varios tipos de cáncer. Motivo por el cual se debe realizar investigaciones de cuanto Selenio aporta la harina de castaña en productos de panificación que se pretendan elaborar.

VII.REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Aguirre, E. 1987. Pruebas Funcionales de Panificación con incorporación de partículas finas de harina Nacional.
- ALVARENGA, R. M. Palavra de médico. Tudo o que você deve saber sobre as novas Fontes da Juventude. Disponível em: <<http://www.palavrademedico.cjb.net/>>. Acceso en: 26 Ago. 2015.
- Alvarez G., L. & Ríos T., S. (2006). Evaluación Económica de la Extracción de Castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K) – Departamento de Madre de Dios. Documento de trabajo. POA-Programa de Ordenamiento Ambiental IIAP. Iquitos. Perú.
- ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. Nutrição. Trad. Nádia M. F. Truggo. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- Asociación NATURLAND. (2000). Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico – Producción Orgánica de Castaña. Primera edición. Naturland e.V. Alemania.
- Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica, ACCA. (2009). Manual del Castañero, Técnicas para la Recolección de Castaña. Primera Edición. Impresiones Lezama. Cusco. Perú.
- American Soybean Association of Cereal Chemists. (2009). Obtenido de <http://www.aaccnet.org/>
- Astiazarán, I. & Martinez, J.A. (2002). Alimentos composición y propiedades. Editorial Mc Graw-Hill. Interamericana. Primera reimpresión. Madrid-España.
- Aykrod, W.R. & Doughty, Joyce. (1970). El trigo en la alimentación humana. FAO-Roma, ISBN 92-5-300437.
- BADUI, S. 2006. Química de Alimentos. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación. Mexico.
- Beltiz, H. D. & Grossh, W. (1997). Cereales y derivados. En química de los alimentos. Editorial Acribia S. A. Zaragoza. España.
- Bilbao, C. (2007). Revista Panera: Forma e informa. Año 1. N° 5. Lima. Perú.

- Bravo M., José de Jesús, Ortiz H., Gabino R. (1999). Efecto del grado de gelificación de harina de trigo (*Triticum aestivum*) sobre sus propiedades físico-químicas. México.
- Calaveras, J. (2003). Tratado de Panificación y Bollería. Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
- Callejo Gonzales, María Jesús. (2002). Industria de cereales y derivados. Primera edición. AMV Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España.
- Cardozo, A. y Tapia, M. (1979). Valor nutritivo en quinua y kañiwa. Cultivos. Bogotá, Colombia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Carlos J. Bernabé (2005). Influencia de los componentes de la harina en la panificación.
- Carpenter, H. C.; Anderssen, R. S. (2000). Modelling the developmental rheology of wheat flour dough using extension test. *Journal of Cereal Science*, v 31, n. 1.
- Cauvain, Stanley, P. & Young, L. S. (2007). Fabricación de pan. Editorial Acribia, S.A.
- Chang, J.C.; Gutenmann W.H.; Reid, C.M.; Lisk, D.J. (1995). Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil, *Chemosphere*. Vol. 30, (4): 801-802.
- CODEX ALIMENTARIUS Std 152-2016. Norma del CODEX para la harina de trigo.
- Conservación Internacional Perú CI-Perú (2012). Conservación de Castañaes. Lima-Perú. Disponible en www.conservación.org.pe.
- Cornell, J.A. (1990). Experiment with mixtures: Designs, Models and the Analysis of Mixture Data. 2nd ed. John Wiley Ed., New York.
- Desrosier, N. (1994). Elementos de la tecnología de alimentos. Edit. CECSA. México.
- Collazos Ch., C. (2009). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Séptima Edición 2009. Ministerio de Salud. Editorial Aquario. Lima, Perú.
- De la Cruz Q., Wiler H. (2009). “COMPLEMENTACIÓN PROTEICA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium*

quinoa Willd) Y SUERO EN PAN DE MOLDE Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL. Tesis para obtener el grado de Magister Scientiae. UNALM. Perú.

- De La Llave, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación. Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas. Puebla, México.
- De Souza L., M. (1986). Estudo do Processamento e Estabilidade da Farinha de Amendoa da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Universidade de Fortaleza. Brasil.
- De Souza L., M. & De Menezes C., H. (2004). Processamentos de Amêndoa e Torta de Castanha-do-Brasil e Farinha de Mandioca: Parâmetros De Qualidade. Universidad de Campinas. Brasil.
- FAO/OMS/ONU (2001). Necesidades de Energía y Proteína. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de informes técnicos 724. Graficas Reunidas. España.
- Ferraras Ch., Rebeca 2009. Análisis Reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo. Universidad de Salamanca. España.
- Gloria, M. M. (1997). Obtenção e caracterização de concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do pará. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba. Dissertação de Mestrado.
- GLÓRIA, M. M. e REGITANO-D'ARCE, M. A. B. (2000) Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-doPará: Obtenção e caracterização química e funcional. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v.20, n. 2, p.240245.
- Granja y Calaveras, (1994). Cereales. Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
- Hoseney, R. Carl. (2000). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Editorial Acribia S.A. España.
- Jara, C. (2006). “Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa”. Tesis para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- KENT, N. (1987). Tecnología de los cereales. Editorial Acribia. España.
- Mamani G., S. (2011). Derivados de Castaña. Cearbhuil Ni Fhionnghusa - Cooperante Servicio Internacional Británico – COINACAPA. Bolivia.

- Manual de instrucciones del Amilógrafo Brabender. Brabender GmbH & Co. KG. (2011).
- Manual de instrucciones del Extensógrafo Brabender. Brabender GmbH & Co. KG. (2011).
- Manual de instrucciones del Farinógrafo Brabender. Brabender GmbH & Co. KG. (2011).
- Ministerio de Agricultura. (2012). Nueces del Brasil en el Mercado de Estados Unidos. Dirección de Agronegocios. Perú.
- MARTINEZ G. (2004). Importancia del ordenamiento castaño. Ponencia. Memoria del Taller La Castaña Amazónica: Potencialidades, desarrollo e integración. Puerto Maldonado.
- Martinez, J. A.; Astiazarán, I. (2002). Alimentos, composición y propiedades. Editorial Mc Graw-Hill. Interamericana. Primera reimpresión. Madrid-España.
- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural de Bolivia. (2011). Perfil Producto Castaña. Promueve Bolivia.
- MISA, (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-02091. 8° edición, 2009. Lima-Perú.
- Michell, H., y Block, R. (1946). Some relationships between the amino acid content of proteins and their nutritive value for the rat. J. Biol. Chem., 16s: 599.
- Montenegro, F. M. (2008). ORMENESE, R. C. S. C. Avaliacao da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo. Campinas: Cereal Chocotec ITAL.
- Naega. (2008). The North American Export Grain Association. Wheat Flour Testing Book. Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality Version 2.
- Norma Técnica Peruana 206.012.1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación del contenido de cenizas. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.027:1986: HARINA DE TRIGO PARA CONSUMO DOMÉSTICO Y USO INDUSTRIAL. Lima: INDECOPI.

- Norma Técnica Peruana 205.037.1975 (Revisada el 2011): HARINAS. Determinación del contenido de humedad. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.038.1975 (Revisada el 2011): HARINAS. Determinación del contenido de cenizas. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.002.1979 (Revisada el 2011): CEREALES Y MENESTRAS. Determinación del contenido de humedad. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.003.1980 (Revisada el 2011): CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de la fibra cruda. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.044.1976 (Revisada el 2011): HARINAS SUCEDÁNEAS PROCEDENTES DE LEGUMINOSAS DE GRANO ALIMENTICIO. Lima: INDECOPI.
- Nuñez de Villavicencio, M. (2000). Diseños de mezclas. Aspectos teóricos – prácticos de su publicación. Tesis de Maestría. I.I.I.A.
- Official Methods of Analysis of Association the official Agricultural Chemists (AOAC). (2005). 18va. Ed. 1-2 USA.
- Official Methods of Analysis of Association the official Agricultural Chemists (AOAC). (1995). 16va. Ed. 1-2 USA.
- Ortega, R., López AM, Requejo AM, Carvajales PA. La composición de los alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional. Madrid. Editorial Complutense S.A. 2004.
- Pantanelli, A. 2009. Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo. Disponible en: www.roagro.com.ar/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc.
- Peña-Bautista, R. J.; Pérez-Herrera, P.; Villaseñor, M. E.; Gámez-Valdez, M. M.; Mendoza-Lozano, M. A. (2008). Evaluación de la calidad de la cosecha de trigo en México del ciclo primavera-verano del 2006. México.
- Potter Norman N. & Hotchkiss (1999). Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A. España.
- Quispe S., Miguel A. (2012). Formulación de mezclas alimenticias. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tarma. Perú.

- Ramírez-Wong, B.; Walker C. E.; Ledesma-Osuna A. I.; Torres P. I.; Medina-Rodriguez C. L.; López-Ahumada G. A.; Salazar-García M. G.; Ortega-Ramírez R.; Jonson A. M.; Flores R. A. (2007). Effect of Flour Extraction Rate on White and Red Winter Wheat Flour Composition and Tortilla Texture. *Cereal Chemistry*.
- Regitano D'Arce, R. M. A. B.; Siqueira, F. M. 1995. Obtenção do leite e farinhas de castanha do Pará. In: Congresso e Exposição Latinoamericana sobre Processamento de Óleos e Gorduras. Campinas, Anais. Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras. p. 265-267.
- Repo-Carrasco, R. (1991). Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. En: Avances en alimentos y nutrición humana. Universidad Nacional Agraria La Molina. Publicación 01/91.
- Repo-Carrasco, R. (2002). Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos. Edit. Agraria.
- Reyes, M. H. (1996). Métodos efectivos – pruebas con consumidores. Guatemala, RIEPSA (Red Iberoamericana de Evaluación de Propiedades Sensoriales de los Alimentos).
- Ruales, J. y Fair, B. (1994). Nutritional quality of the proteins in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) *Plant Foods for Human Nutrition*. 42: 1-11.
- Saxena, D. C.; Prasada Rao, U. J. S., Haridas Rao, P. (1997). Indian Wheat cultivar: Correlation between quality of gluten proteins, rheological characteristics of dough and tandoori roti quality. *J. Sci. Food Agr.* 74. 265-672.
- See, E. F., Wan Nadiyah, W. A. and *Noor Aziah, A. A. (2007). Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Breads of Supplemented with Pumking Flour. Food Technology Division, School of Industrial Technology, University Sains Malasya.
- Sotero, V. et al. (2011). Estabilidad Físico-Química de las Semillas Deshidratadas de Castaña (*Bertholletia excelsa*). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. UNAP. Perú.
- SRUR, A. U. O.S (1976). Precessamento da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.). Campinas. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- Stanley, D. (1998). Protein reactions during extrusión processing. In: Extrusion Cooking. C. Mercier, P Linko and J. M. Harper, eds. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.
- Stojceska, V. F.; Butler, E. Ghallagher, and D. Keehan. (2007). A comparison of the ability of several small and large deformation rheological measurements of wheat dough to predict baking behavior. *Journal of Food Engineering* 83: 475-482.
- Tarazona G., Ramos C., Gonzáles U. (2012). Determinación de la influencia del agua ozonizada en masas de panificación.
- Tejero, F. 2002. Harinas Especiales para Panes de Molde, Integrales y Bollería. Consultada el 12 julio 2016. Disponible en: www.franciscotejero.com.
- Weegels P.;Hamer R.y Schofield J. (1996). Critical review: Functional Properties of wheat glutenin. *J Cereal Sci* 23:1-18.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Who Technical Report Series 935. United Nations University.

ANEXOS

ANEXO I

1.1. CÁLCULO DE HUMEDAD, CENIZAS Y GRASA:

1.1.1. Determinación de Humedad en harinas

- Agregar aproximadamente 5 gramos de las muestras sobre la placa de la termobalanza.
- Configurar el equipo a 115°C.
- Esperar 10 minutos y anotar el resultado que indica el equipo.



Figura 34: Determinación de humedad en harinas

1.1.2. Determinación de Cenizas en harinas

- Pesar un crisol, previamente en la mufla y enfriado en el desecador.
- Pesar en crisol 1 gramo de muestra e incinerar en la cocinilla eléctrica hasta total carbonización.
- Colocar la muestra en la mufla y calcinar a 550 – 600°C por 3 a 5 horas, hasta llegar a cenizas blancas o blanco grisáceo.
- Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en el desecador, enfriar 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el residuo.

Cálculo:

$$\% \text{CENIZAS} = \frac{P_z - P_1}{m} \times 100$$

Dónde:

P1: masa del crisol vacío en g.

P2: masa del crisol más cenizas en g.

m: masa de la muestra en g.

Referencia AOAC, 7009, 14th Edition 1984.



Figura 35: Determinación de cenizas en harinas

1.1.3. Método de determinación de grasa en las Harinas - Soxhlet

- Pesar los vasos de aluminio.
- Hacer bolsas con papel filtro para colocar la muestra.
- Pesar 3g de mu
- extra y colocar en las bolsas de papel filtro, sellar las bolsas y colocar en los porta muestra del equipo Soxhlet.
- Colocar el porta muestra en el equipo Soxleth y colocar en los vasos de aluminio 45 ml de solvente orgánico (hexano).
- Programar en el panel de control los parámetros de la extracción.
Temperatura: 130°C
Tiempo de lavado de muestra: 20 min
Tiempo de enjuagado de muestra: 40 min
Tiempo de recuperación de solvente: 10 min
Tiempo de secado: 5 min
- Una vez terminado el proceso de extracción colocar los vasos en un desecador para su enfriado.
- Pesar los vasos con los restos de grasa y realizar los cálculos.

Cálculos:

$$\%GRASA = \frac{A2-A1}{m} \times 100$$

Dónde:

A1: peso del vaso de aluminio

A2: peso del vaso de aluminio con grasa

M: peso de la muestra



Figura 36: Determinación de grasa en harinas

ANEXO II

DETERMINACIÓN DE AMINOÁCIDOS ESCENCIALES EN LAS FORMULACIONES

2.1. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en las Formulaciones

En la tabla 55 es notorio como la cantidad de aminoácidos esenciales que aportan la harina de castaña es de casi la mitad del total (2.357g), pese a sólo representar el 20% en la mezcla.

Tabla 55: Cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M1 (80:20) en 100g

| Aminoácidos esenciales | Trigo (g) | Castaña (g) | AA que aporta cada componente (g) |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| ISOLEUCINA | 0.400 | 0.169 | 0.569 |
| LEUCINA | 0.647 | 0.470 | 1.118 |
| LISINA | 0.248 | 0.248 | 0.496 |
| MET+CISTE | 0.352 | 0.518 | 0.870 |
| FENIL+TYR | 0.781 | 0.446 | 1.226 |
| TREONINA | 0.267 | 0.165 | 0.432 |
| TRIPTOFANO | 0.114 | 0.060 | 0.175 |
| VALINA | 0.419 | 0.281 | 0.699 |
| AA esenciales | 3.227 | 2.357 | 5.585 |
| AA no esenciales | 6.293 | 3.123 | 9.415 |
| AA totales | 9.52 | 5.48 | 15 |

2.2. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M2 (Trigo, Castaña: 85%; 15%)

La tabla 56 muestra la cantidad de aminoácido que aportan los componentes en la mezcla M2.

Tabla 56: Cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M1 (85:15) en 100g

| Aminoácidos esenciales | Trigo (g) | Castaña (g) | AA que aporta cada componente (g) |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| ISOLEUCINA | 0.425 | 0.137 | 0.562 |
| LEUCINA | 0.842 | 0.187 | 1.029 |
| LISINA | 0.322 | 0.099 | 0.421 |
| MET+CISTE | 0.458 | 0.206 | 0.664 |
| FENIL+TYR | 1.015 | 0.178 | 1.192 |
| TREONINA | 0.347 | 0.066 | 0.412 |
| TRIPTOFANO | 0.149 | 0.024 | 0.173 |
| VALINA | 0.545 | 0.112 | 0.656 |
| AA esenciales | 4.101 | 1.009 | 5.110 |
| AA no esenciales | 6.014 | 3.436 | 9.450 |
| AA totales | 10.12 | 4.45 | 14.56 |

2.3. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M3 (Trigo, Castaña: 87.5%; 12.5%)

La tabla 57 muestra la cantidad de aminoácido que aportan los componentes en la mezcla M3.

Tabla 57: Cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en las mezclas M3 (87.2:12.5) en 100g

| Aminoácidos esenciales | Trigo (g) | Castaña (g) | AA que aporta cada componente (g) |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| ISOLEUCINA | 0.437 | 0.119 | 0.556 |
| LEUCINA | 0.708 | 0.330 | 1.038 |
| LISINA | 0.271 | 0.174 | 0.445 |
| MET+CISTE | 0.385 | 0.364 | 0.749 |
| FENIL+TYR | 0.854 | 0.313 | 1.167 |
| TREONINA | 0.292 | 0.116 | 0.408 |
| TRIPTOFANO | 0.125 | 0.042 | 0.167 |
| VALINA | 0.458 | 0.197 | 0.655 |
| AA esenciales | 3.530 | 1.655 | 5.185 |
| AA no esenciales | 6.883 | 2.192 | 9.075 |
| AA totales | 10.41 | 3.85 | 14.26 |

2.4. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M4 (Trigo, Castaña: 90%; 10%)

La tabla 58 muestra la cantidad de aminoácido que aportan los componentes en la mezcla M4.

Tabla 58: Cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M4 (90:10) en 100g

| Aminoácidos esenciales | Trigo (g) | Castaña (g) | AA que aporta cada componente (g) |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| ISOLEUCINA | 0.450 | 0.100 | 0.550 |
| LEUCINA | 0.728 | 0.279 | 1.007 |
| LISINA | 0.278 | 0.147 | 0.426 |
| MET+CISTE | 0.396 | 0.307 | 0.703 |
| FENIL+TYR | 0.878 | 0.264 | 1.142 |
| TREONINA | 0.300 | 0.098 | 0.398 |
| TRIPTOFANO | 0.129 | 0.036 | 0.164 |
| VALINA | 0.471 | 0.166 | 0.638 |
| AA esenciales | 3.631 | 1.398 | 5.029 |
| AA no esenciales | 7.079 | 1.852 | 8.931 |
| AA totales | 10.71 | 3.25 | 13.96 |

2.5. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M5 (Trigo, Castaña: 95%; 05%)

La tabla 59 muestra la cantidad de aminoácido que aportan los componentes en la mezcla M5.

Tabla 59: Cantidad de aminoácidos que aportan los componentes en la mezcla M5 (95:05) en 100g

| Aminoácidos esenciales | Trigo (g) | Castaña (g) | AA que aporta cada componente (g) |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| ISOLEUCINA | 0.475 | 0.069 | 0.544 |
| LEUCINA | 0.769 | 0.192 | 0.961 |
| LISINA | 0.294 | 0.101 | 0.395 |
| MET+CISTE | 0.418 | 0.211 | 0.629 |
| FENIL+TYR | 0.927 | 0.182 | 1.109 |
| TREONINA | 0.317 | 0.067 | 0.384 |
| TRIPTOFANO | 0.136 | 0.025 | 0.160 |
| VALINA | 0.497 | 0.114 | 0.612 |
| AA esenciales | 3.832 | 0.961 | 4.794 |
| AA no esenciales | 7.473 | 1.274 | 8.746 |
| AA totales | 11.31 | 2.24 | 13.54 |

Podemos observar en las tablas 54, 55, 56, 57 y 58 que a medida que disminuye la proporción de harina de castaña, el total de aminoácidos esenciales aportado de este se va haciendo menos significativo, pero sin dejar de ser importante el aporte.

2.6. Método para hallar el aminograma teórico de las 5 formulaciones

$$Sx = \frac{(T)(\%MT) + (C)(\%MC)}{F}$$

Sx : Score Químico de cada Aminoácido presente en la Mezcla(x)

(T) : Aminoácido del Trigo presente en la Mezcla(x)

(%MT): Porcentaje de participación del Trigo en la Mezcla(x)

(C) : Aminoácido de la Castaña presente en la Mezcla (x)

(%MC): Porcentaje de participación de la Castaña en la Mezcla(x)

F : Aminoácido patrón de la FAO de la Mezcla(x)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI-SNA CON REGISTRO No LE - 046



INFORME DE ENSAYO N° 2014-14

SOLICITADO POR : Nestor Jimenez Aguirre
PRODUCTO DECLARADO : Harina de Trigo + Harina de Castaña
Harina de Castaña Semidesgrasada
CANTIDAD DE MUESTRA : 50 gr
PRESENTACION DE LA MUESTRA : En Bolsas de polietileno, transparente y cerrada
FECHA DE RECEPCION : 2014-07-09
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-07-09
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2014-07-09
CONDICION DE LA MUESTRA : En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico
CODIGO COLECBI :

RESULTADOS

| ENSAYOS | MUESTRA | | | | |
|------------------------------|---------|--------|--------|-------|----------------------------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | Harina de castaña semidesgrasada |
| (*)Proteínas (%) Factor 6.25 | 80/20% | 85/15% | 90/10% | 95/5% | |
| | 15,00 | 14,56 | 13,96 | 13,54 | 22,73 |

(*) El método indicado no ha sido acreditado por INDECOPI-SNA.

METODOLOGIA EMPLEADA

(*)Proteínas: AOAC 2001.11 2012 Protein (crude) In Animal Feed Forage (Plant Tissue) Grain and Oilseeds.

Nota:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.

FECHA DE EMISION: Nuevo Chimbote, Julio 09 del 2014.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha: 2012-07-27

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

Nº Hoja de Ensayo **01-2014-07-09**

HOJA DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE PROTEÍNAS
METODO AOAC 2001.11, 19th Ed. 2012

| DATOS DE IDENTIFICACION | | | | DATOS DEL ENSAYO | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|---------------------|-------------|-------------|----------------------|---------------|
| Fecha | Código Colecbi | Nº Orden Ejecución | Muestra | Peso de muestra (g) w | Blanco (mL) V _B | Recuperación de Nitrógeno R | Gasto HCl 0,1 M (mL) V _S | Molaridad HCl 0,1 M | %N Kjeldahl | % Proteínas | % Proteínas Promedio | Repetibilidad |
| 2014/07/09 | 9644 | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0038 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 17,30 | 0,1000 | 2,401 | 15,00 | 15,00 | 0,00 |
| | 9644D | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0039 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 17,30 | 0,1000 | 2,400 | 15,00 | | |
| | 9645 | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0038 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 16,80 | 0,1000 | 2,331 | 14,57 | 14,56 | 0,01 |
| | 9645D | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0042 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 16,80 | 0,1000 | 2,330 | 14,56 | | |
| | 9646 | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0007 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 16,10 | 0,1000 | 2,240 | 14,00 | 13,96 | 0,09 |
| | 9646D | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0009 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 16,00 | 0,1000 | 2,226 | 13,91 | | |
| | 9647 | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0017 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 15,60 | 0,1000 | 2,168 | 13,55 | 13,54 | 0,01 |
| | 9647D | 001296-14 | Trigo y Castaña | 1,0025 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 15,60 | 0,1000 | 2,166 | 13,54 | | |
| | 9647 | 001296-14 | H.castaña desgrasada | 1,0015 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 26,20 | 0,1000 | 3,651 | 22,82 | 22,73 | 0,18 |
| | 9647D | 001296-14 | H.castaña desgrasada | 1,0017 | 0,10 | 98,84/99,12/99,58 | 26,00 | 0,1000 | 3,622 | 22,64 | | |
| | | | | | | | | 0,1000 | #jDIV/0! | #jDIV/0! | #jDIV/0! | #jDIV/0! |
| | | | | | | | | 0,1000 | #jDIV/0! | #jDIV/0! | #jDIV/0! | #jDIV/0! |

$$\text{Calculos : \%N Kjeldahl} = \frac{(VS - VB) \times M \times 14,01}{W \times 10}$$

$$\% \text{Proteína Cruda} = \%N \text{ Kjeldahl} \times F$$

F : Factor de Conversión para Pteína 5,70 para trigo, 6,38 para productos lácteos, 6,25 para otros alimentos

Criterio de aceptación de duplicados: **REPETIBILIDAD ≤ 0,4%**

NOTA: Cuando no se cumpla el límite de repetibilidad, repetir la prueba e informar al jefe respectivo y tratarlo como trabajo de ensayo No Conforme de acuerdo al procedimiento de código: LC-MP-CTENC.

Observaciones: Se utilizó Balanza Analítica METTLER TOLEDO AB204-S / LC-101

ANALISTA

REVISADO/APROBADO
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO III

3.1. Resultados de los análisis Amilográficos de las formulaciones

Brabender® Amylograph

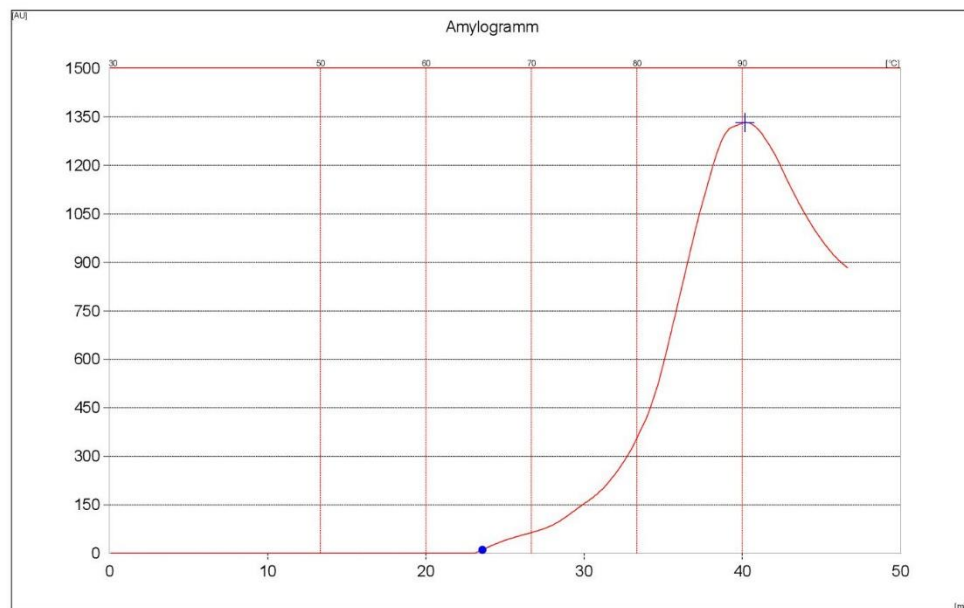
Brabender®
Measurement & Control Systems

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina panadera (trigo)
Date: 20/01/2014 10:05
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 15.1 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (81.0 g / 449.0 ml)

Begin of gelatinization: 65.4 °C
Gelatinization temperature: 90.3 °C
Gelatinization maximum: 1332 AU

Remarks: harina trigo



Test: noname

Figura 37: Amilograma de la harina control M0 (100% H. Trigo)

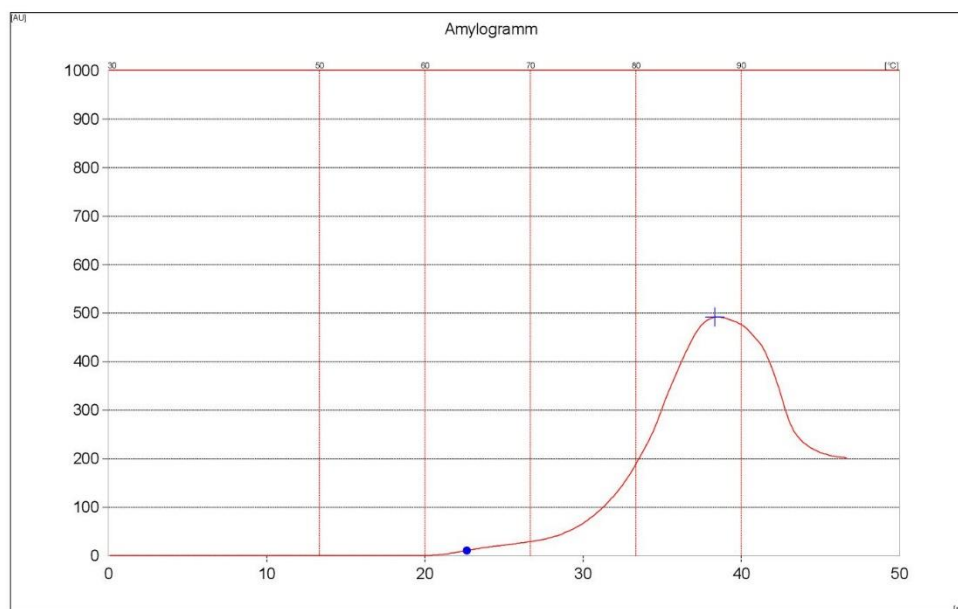
Brabender® Amylograph

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. castaña
Date: 27/06/2014 10:40
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 12.6 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (78.7 g / 451.3 ml)

Begin of gelatinization: 64.0 °C
Gelatinization temperature: 87.5 °C
Gelatinization maximum: 492 AU

Remarks: harina trigo, harina castaña 20%
harina trigo, harina castaña 20%



Test: noname

Figura 38: Amilograma de la formulación M1 (80% H. Trigo / 20% H. Castaña)

Brabender® Amylograph

Brabender® 1913

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. castaña
Date: 30/08/2014 15:59
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 12.9 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.0 g / 451.0 ml)

Begin of gelatinization: 62.9 °C
Gelatinization temperature: 88.0 °C
Gelatinization maximum: 594 AU

Remarks: harina trigo, harina castaña 15%
 harina trigo, harina castaña 15%

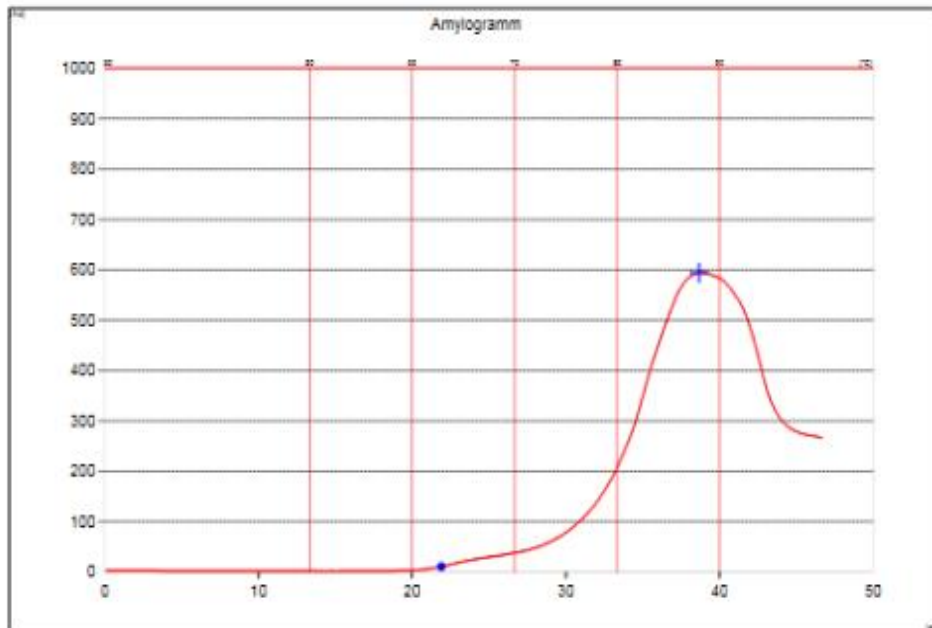


Figura 39: Amilograma de la formulación M2 (85% H. Trigo / 15% H. Castaña)

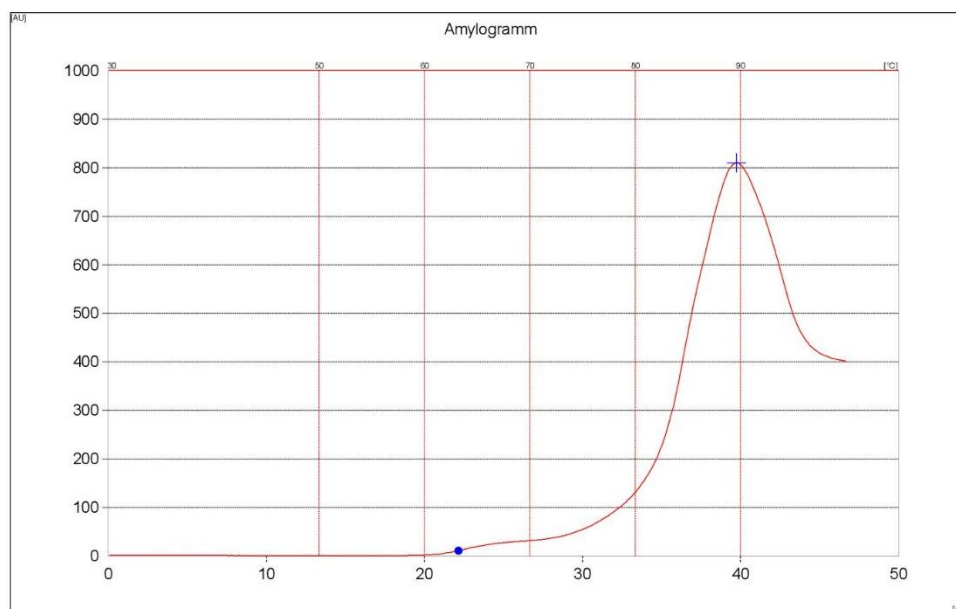
Brabender® Amylograph

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: mezcla 12.5
Date: 23/09/2014 09:47
Operator:
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.0 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.1 g / 450.9 ml)

Begin of gelatinization: 63.3 °C
Gelatinization temperature: 89.6 °C
Gelatinization maximum: 810 AU

Remarks: harina trigo, h castaña



Test: noname

Figura 40: Amilograma de la formulación M3 (87.5% H. Trigo / 12.5% H. Castaña)

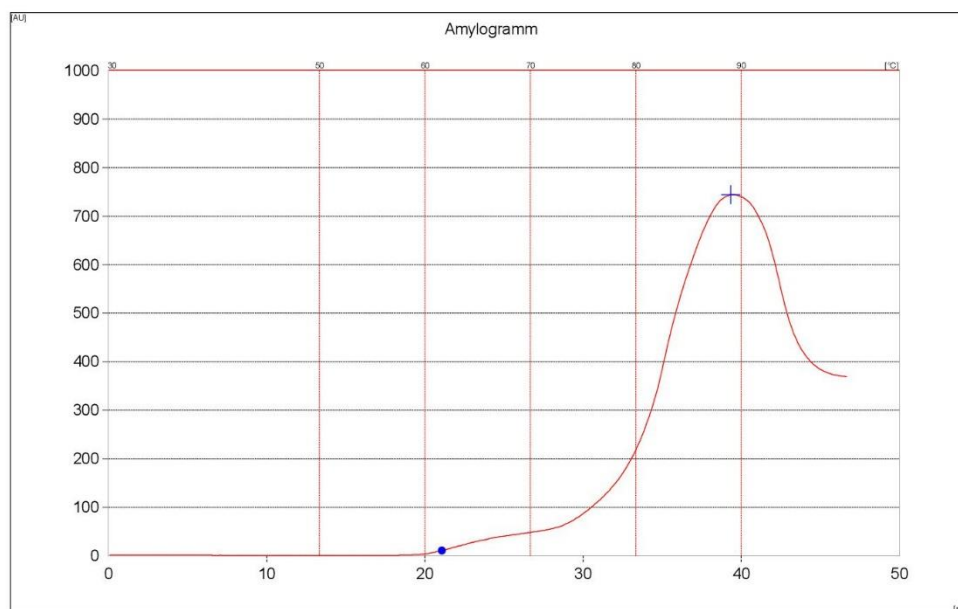
Brabender® Amylograph

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. castaña
Date: 30/06/2014 14:27
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.6 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.6 g / 450.4 ml)

Begin of gelatinization: 61.6 °C
Gelatinization temperature: 89.0 °C
Gelatinization maximum: 744 AU

Remarks: harina trigo, harina castaña 10%
harina trigo, harina castaña 10%



Test: noname

Figura 41: Amilograma de la formulación M4 (90% H. Trigo / 10% H. Castaña)

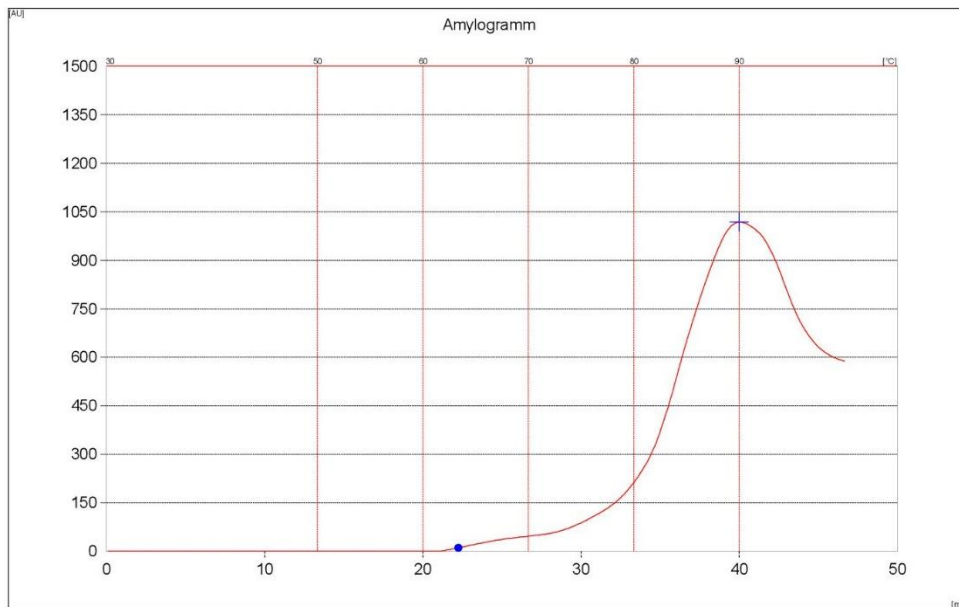
Brabender® Amylograph

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. castaña
Date: 30/06/2014 17:28
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.9 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.9 g / 450.1 ml)

Begin of gelatinization: 63.4 °C
Gelatinization temperature: 90.0 °C
Gelatinization maximum: 1018 AU

Remarks: harina trigo, harina castaña 5%
harina trigo, harina castaña 5%



Test: noname

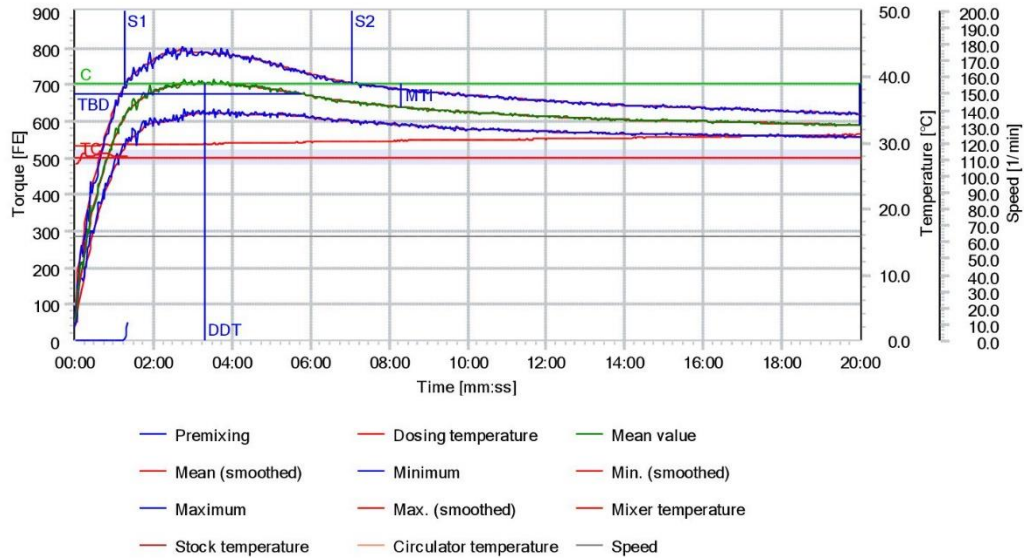
Figura 42: Amilograma de la formulación M5 (95% H. Trigo / 5% H. Castaña)

3.2. Resultados de los análisis Farinográficos de las formulaciones



Farinograph® 2010

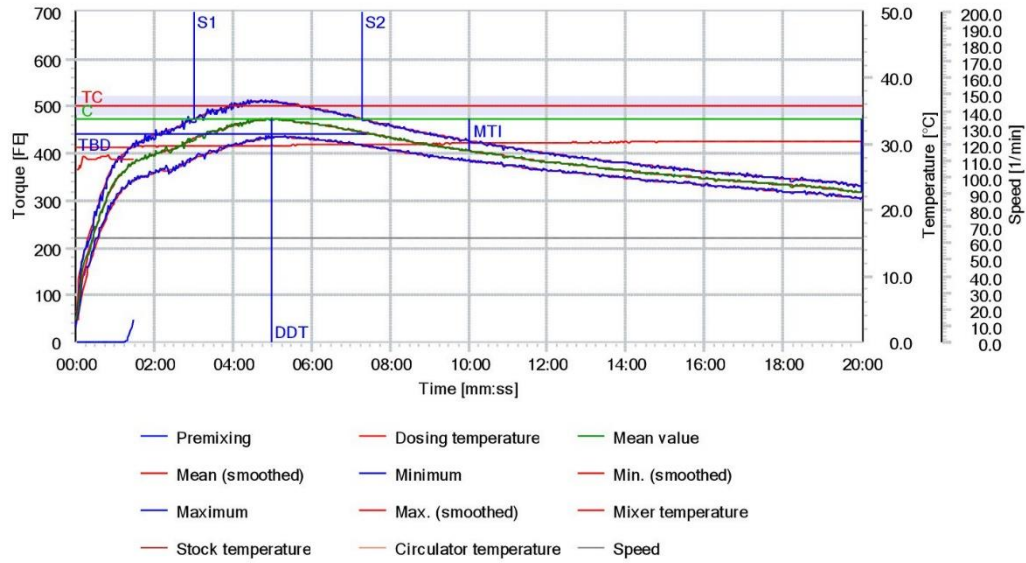
| | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| Order: | | Date: | 5/ 5/ 2014 9:05:23 AM | |
| Code number: | | User: | Ing John Gonzales | |
| Sample: | harina trigo a granel | | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 | 1/ min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 | mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 | |
| Sample weight: | 299.3 | Default moisture content: | 14.0 | % |
| Moisture content: | 13.8 | Default consistency: | 500 | FE |
| WA (given): | 56.0 | Min. consistency range: | 480 | FE |
| Additional liquid: | 0.0 | Max. consistency range: | 520 | FE |
| Remarks: | primer ensayo | | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:00 | Measuring time |
| DT | °C | 28.0 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 03:20 | Development time |
| C | FE | 703 | Consistency |
| WZ | % | 55.6 | Water absorption |
| WAC | % | 60.7 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 60.5 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 05:46 | Stability |
| MTI | FE | 66 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 58 | Farinograph quality number |
| D | FE | 117 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 05:47 | Time to breakdown |

Figura 43: Farinograma de la harina control M0 (100% H. Trigo)

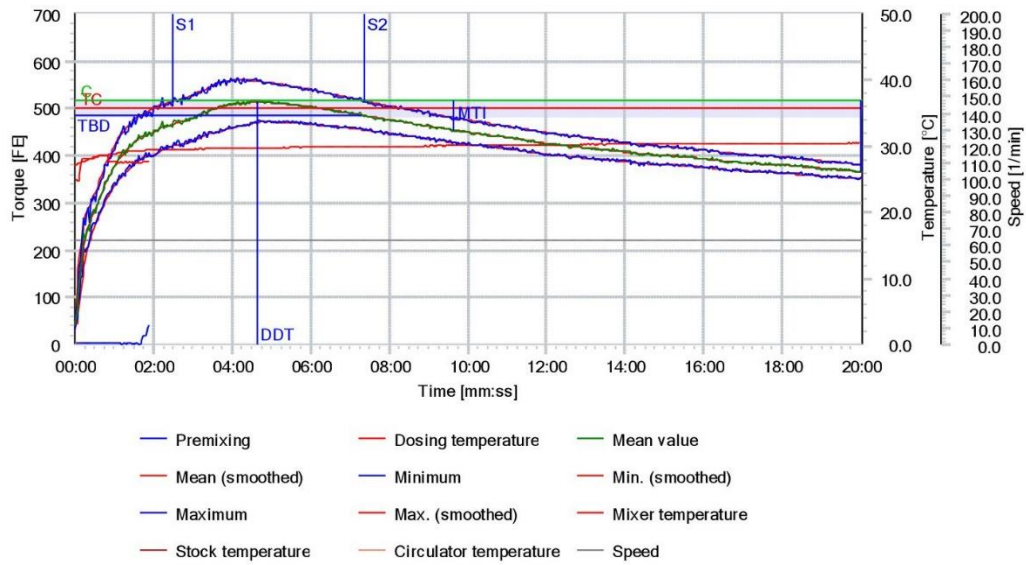
| | | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| Order: | | Date: | 6/27/2014 10:54:27 AM | |
| Code number: | | User: | Ing John Gonzales | |
| Sample: | harina trigo, h de castaña 20% | | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 | 1/min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 | mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 | |
| Sample weight: | 295.2 | Default moisture content: | 14.0 | % |
| Moisture content: | 12.6 | Default consistency: | 500 | FE |
| WA (given): | 56.0 | Min. consistency range: | 480 | FE |
| Additional liquid: | 0.0 | Max. consistency range: | 520 | FE |
| Remarks: | primer ensayo | | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:01 | Measuring time |
| DT | °C | 27.7 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 05:01 | Development time |
| C | FE | 473 | Consistency |
| WZ | % | 56.0 | Water absorption |
| WAC | % | 55.3 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 53.7 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 04:18 | Stability |
| MTI | FE | 67 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 74 | Farinograph quality number |
| D | FE | 155 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 07:24 | Time to breakdown |

Figura 44: Farinograma de la formulación M1 (80% H. Trigo / 20% H. Castaña)

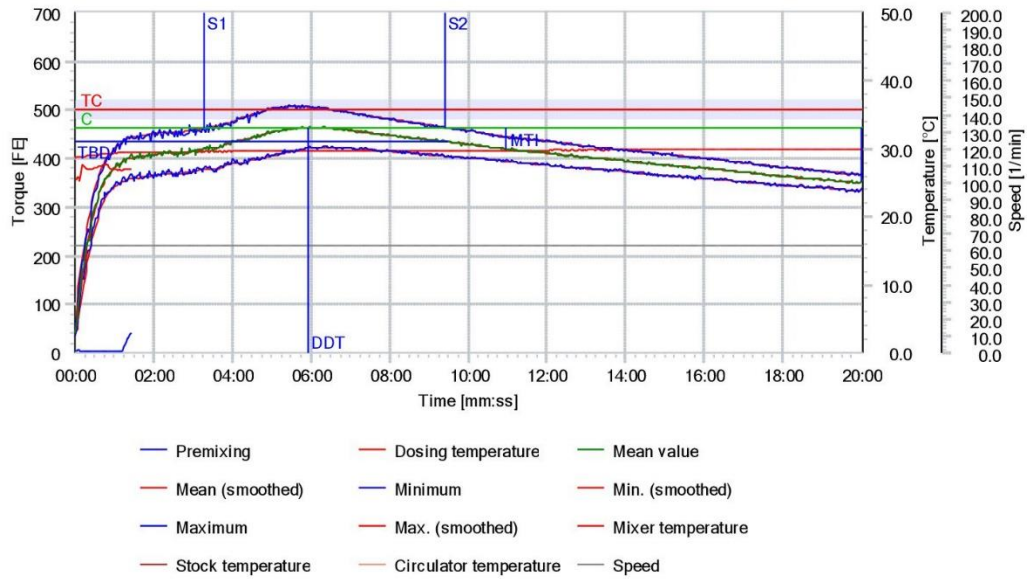
| | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Order: | | Date: | 6/30/2014 4:08:14 PM |
| Code number: | | User: | Ing John Gonzales |
| Sample: | harina trigo, h de castaña 15% | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 1/min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 |
| Sample weight: | 296.2 g | Default moisture content: | 14.0 % |
| Moisture content: | 12.9 % | Default consistency: | 500 FE |
| WA (given): | 56.0 % | Min. consistency range: | 480 FE |
| Additional liquid: | 0.0 % | Max. consistency range: | 520 FE |
| Remarks: | primer ensayo | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:00 | Measuring time |
| DT | °C | 27.6 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 04:38 | Development time |
| C | FE | 516 | Consistency |
| WZ | % | 56.0 | Water absorption |
| WAC | % | 56.4 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 55.1 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 04:52 | Stability |
| MTI | FE | 62 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 73 | Farinograph quality number |
| D | FE | 149 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 07:18 | Time to breakdown |

Figura 45: Farinograma de la formulación M2 (85% H. Trigo / 15% H. Castaña)

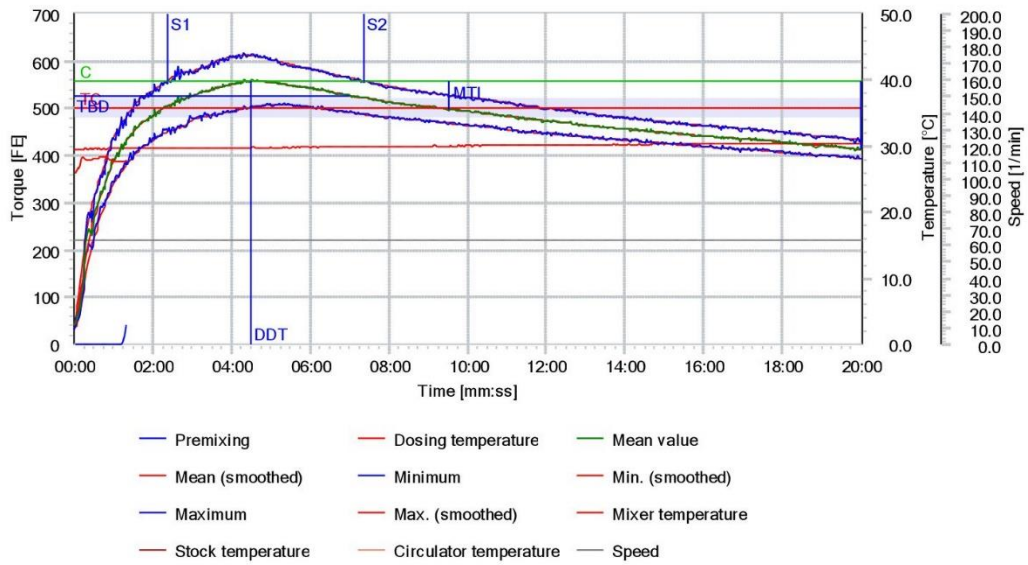
| | | | |
|--------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|
| Order: | | Date: | 9/23/2014 10:21:39 AM |
| Code number: | | User: | ing john gonzales |
| Sample: | mezcla 12,5% | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 1/min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 |
| Sample weight: | 286.3 g | Default moisture content: | 14.0 % |
| Moisture content: | 9.9 % | Default consistency: | 500 FE |
| WA (given): | 56.0 % | Min. consistency range: | 480 FE |
| Additional liquid: | 0.0 % | Max. consistency range: | 520 FE |
| Remarks: | primer ensayo | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:00 | Measuring time |
| DT | °C | 27.0 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 05:57 | Development time |
| C | FE | 464 | Consistency |
| WZ | % | 55.6 | Water absorption |
| WAC | % | 54.7 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 50.1 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 06:08 | Stability |
| MTI | FE | 44 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 95 | Farinograph quality number |
| D | FE | 111 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 09:29 | Time to breakdown |

Figura 46: Farinograma de la formulación M3 (87.5% H. Trigo / 12.5% H. Castaña)

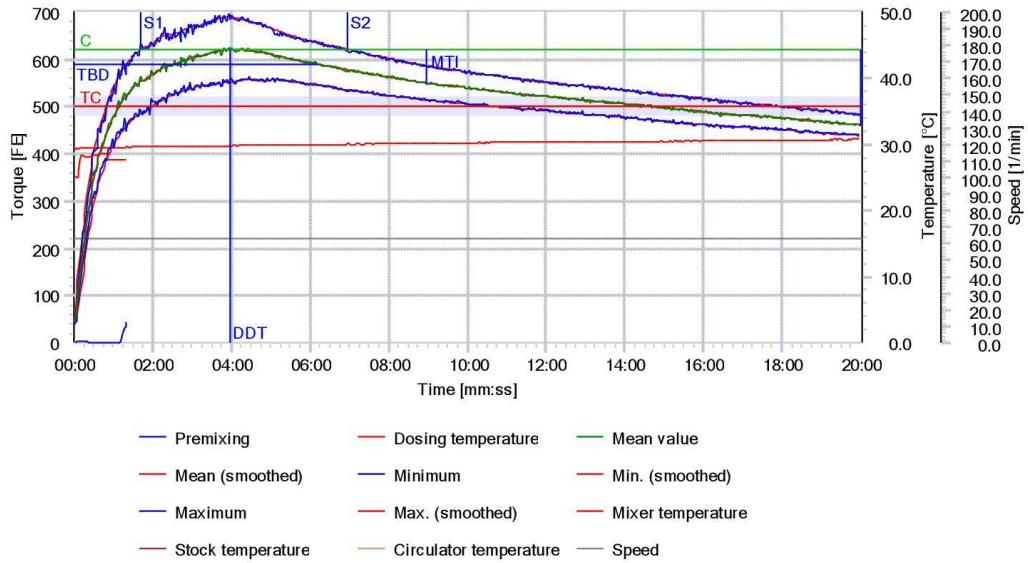
| | | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|-------|
| Order: | | Date: | 6/30/2014 2:43:38 PM | |
| Code number: | | User: | Ing John Gonzales | |
| Sample: | harina trigo, h de castaña 10% | | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 | 1/min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 | mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 | |
| Sample weight: | 298.6 g | Default moisture content: | 14.0 | % |
| Moisture content: | 13.6 % | Default consistency: | 500 | FE |
| WA (given): | 56.0 % | Min. consistency range: | 480 | FE |
| Additional liquid: | 0.0 % | Max. consistency range: | 520 | FE |
| Remarks: | primer ensayo | | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:01 | Measuring time |
| DT | °C | 27.9 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 04:31 | Development time |
| C | FE | 558 | Consistency |
| WZ | % | 56.0 | Water absorption |
| WAC | % | 57.5 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 57.0 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 05:01 | Stability |
| MTI | FE | 59 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 70 | Farinograph quality number |
| D | FE | 146 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 07:00 | Time to breakdown |

Figura 47: Farinograma de la formulación M4 (90% H. Trigo / 10% H. Castaña)

| | | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|-------|
| Order: | | Date: | 6/30/2014 5:19:28 PM | |
| Code number: | | User: | Ing John Gonzales | |
| Sample: | harina trigo, h de castaña 5% | | | |
| Method: | AACC 300 | Speed: | 63.0 | 1/min |
| Evaluation: | AACC | Measuring time: | 20:00 | mm:ss |
| Mixer: | 300 g | Mixer info: | 1925864 | |
| Sample weight: | 299.7 g | Default moisture content: | 14.0 | % |
| Moisture content: | 13.9 % | Default consistency: | 500 | FE |
| WA (given): | 56.0 % | Min. consistency range: | 480 | FE |
| Additional liquid: | 0.0 % | Max. consistency range: | 520 | FE |
| Remarks: | primer ensayo | | | |



| Evaluation | | | |
|------------|-------|-------|---|
| Point | Unit | Value | Description |
| T | mm:ss | 20:01 | Measuring time |
| DT | °C | 27.7 | Dosing temperature |
| DDT | mm:ss | 03:57 | Development time |
| C | FE | 621 | Consistency |
| WZ | % | 56.0 | Water absorption |
| WAC | % | 59.0 | Water absorption corr. for default consistency |
| WAM | % | 58.9 | Water absorption corr. for default moisture content |
| S | mm:ss | 05:15 | Stability |
| MTI | FE | 71 | Tolerance index (MTI) |
| FQN | mm | 62 | Farinograph quality number |
| D | FE | 162 | Drop-off |
| TBD | mm:ss | 06:12 | Time to breakdown |

Figura 48: Farinograma de la formulación M5 (95% H. Trigo / 5% H. Castaña)

3.3. Resultados de los análisis Extensográficos de las formulaciones

En la tabla 60 se muestran los resultados del análisis Extensográfico de las formulaciones.

Tabla 60: Resumen de las formulaciones analizadas por el Extensograma

| FORMULACIONES | TIEMPO | R (BU) | E (mm) | MR (BU) | ENERGÍA (cm ²) |
|---------------------|--------|--------|--------|---------|----------------------------|
| M0 (100% / 0%) | 30 min | 735 | 146 | 1155 | 206 |
| | 60 min | 1038 | 135 | 1484 | 216 |
| | 90 min | 1182 | 117 | 1307 | 159 |
| M1 (80% / 20%) | 30 min | 429 | 152 | 545 | 98 |
| | 60 min | 459 | 109 | 878 | 108 |
| | 90 min | 619 | 100 | 654 | 68 |
| M2 (85% 15%) | 30 min | 1402 | 68 | 1638 | 117 |
| | 60 min | 793 | 111 | 938 | 123 |
| | 90 min | 921 | 106 | 1022 | 120 |
| M3 (87.5% 12.5%) | 30 min | 563 | 124 | 679 | 103 |
| | 60 min | 1075 | 102 | 1135 | 125 |
| | 90 min | 1091 | 80 | 1097 | 97 |
| M4 (90% / 10) | 30 min | 507 | 154 | 664 | 132 |
| | 60 min | 897 | 113 | 1147 | 148 |
| | 90 min | 1187 | 90 | 1295 | 129 |
| M5 (95% / 5%) | 30 min | 642 | 145 | 849 | 162 |
| | 60 min | 1296 | 107 | 1475 | 186 |
| | 90 min | 1337 | 92 | 1477 | 156 |

R= Resistencia a la extensión (UB). E Extensibilidad (mm). MR = Máximo (BU)

Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo especial
 Date: 21/10/2013
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]: 30 60 90

| | | | |
|-------------------------------|------|------|------|
| Energy [cm ²]: | 206 | 216 | 159 |
| Resistance to Extension [BU]: | 735 | 1038 | 1182 |
| Extensibility [mm]: | 146 | 135 | 117 |
| Maximum [BU]: | 1155 | 1484 | 1307 |
| Ratio Number: | 5.0 | 7.7 | 10.1 |
| Ratio Number (Max.): | 7.9 | 11.0 | 11.2 |

Remarks: harina de trigo especial

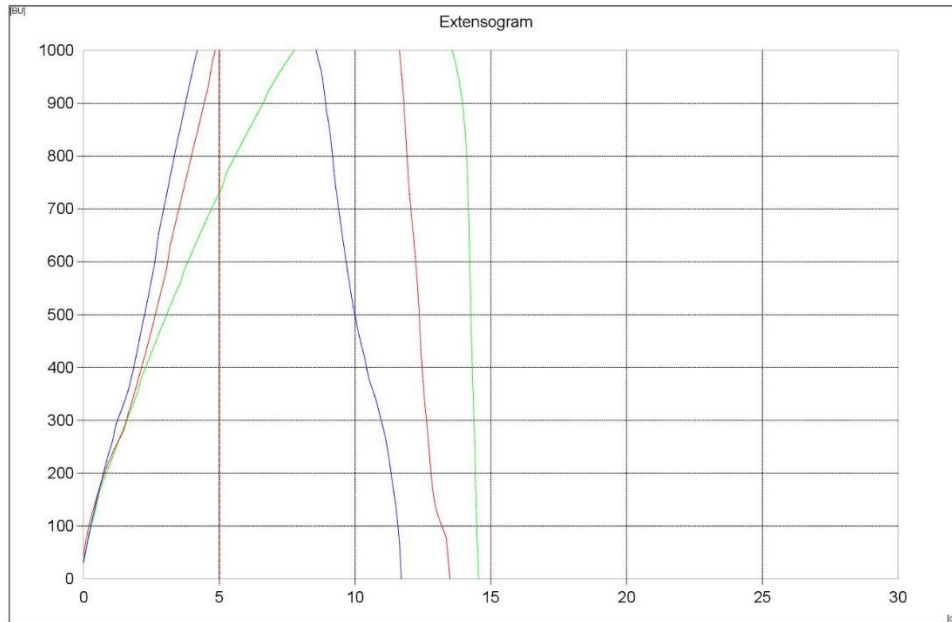


Figura 49: Extensograma de la harina control M0 (100% H. Trigo)

Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, harina castaña 20 %
 Date: 01/07/2014
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]: 30 60 90

| | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|
| Energy [cm ²]: | 98 | 108 | 68 |
| Resistance to Extension [BU]: | 429 | 759 | 619 |
| Extensibility [mm]: | 152 | 109 | 100 |
| Maximum [BU]: | 545 | 878 | 654 |
| Ratio Number: | 2.8 | 6.9 | 6.2 |
| Ratio Number (Max.): | 3.6 | 8.0 | 6.5 |

Remarks: harina de trigo, harina castaña 20 %

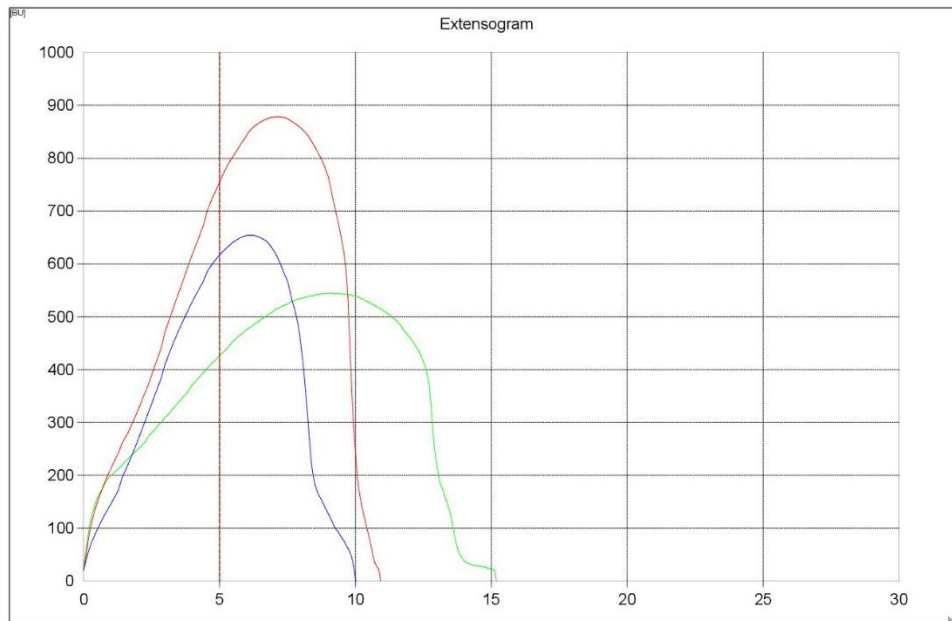


Figura 50: Extensograma de la formulación M1 (80% H. Trigo / 20% H. Castaña)

Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, harina castaña 15 %
 Date: 01/07/2014
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]: 30 60 90

| | | | |
|-------------------------------|------|-----|------|
| Energy [cm ²]: | 117 | 123 | 120 |
| Resistance to Extension [BU]: | 1402 | 793 | 921 |
| Extensibility [mm]: | 68 | 111 | 106 |
| Maximum [BU]: | 1638 | 938 | 1022 |
| Ratio Number: | 20.8 | 7.2 | 8.7 |
| Ratio Number (Max.): | 24.3 | 8.5 | 9.7 |

Remarks: harina de trigo, harina castaña 15 %

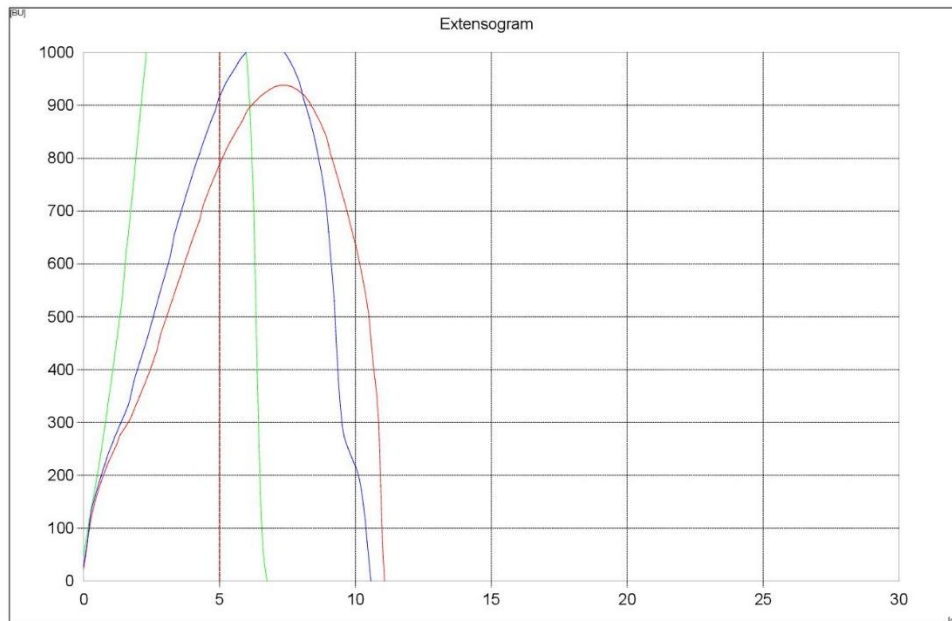


Figura 51: Extensograma de la formulación M2 (85% H. Trigo / 15% H. Castaña)

Evaluation of sample: mezcla 12.5 castaña
 Date: 06/10/2014
 Operator:

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

| Proving Time [min]: | 30 | 60 | 90 |
|-------------------------------|-----|------|------|
| Energy [cm ²]: | 103 | 125 | 97 |
| Resistance to Extension [BU]: | 563 | 1075 | 1091 |
| Extensibility [mm]: | 124 | 102 | 80 |
| Maximum [BU]: | 679 | 1135 | 1097 |
| Ratio Number: | 4.5 | 10.5 | 13.6 |
| Ratio Number (Max.): | 5.5 | 11.1 | 13.7 |

Remarks:

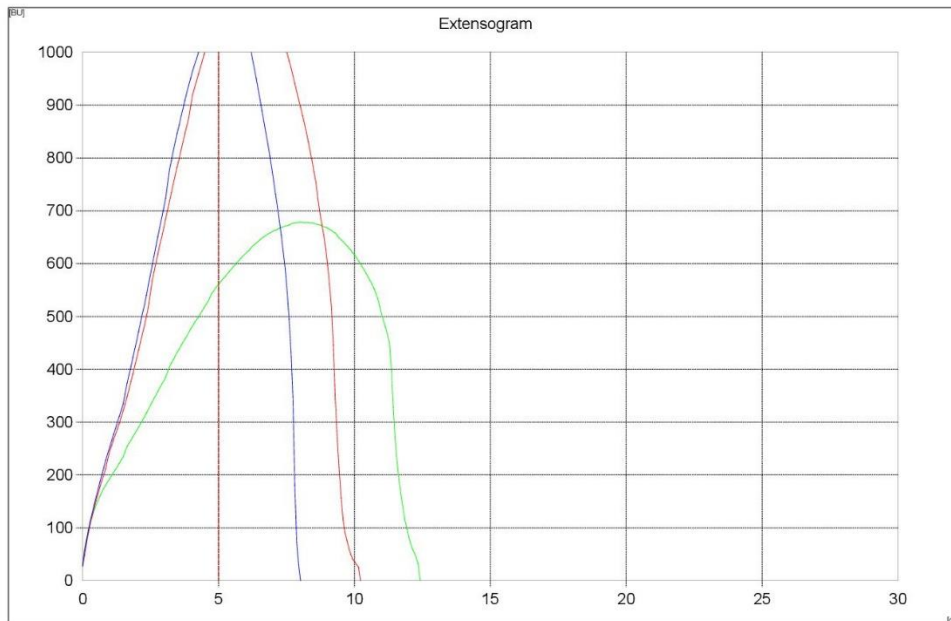


Figura 52: Extensograma de la formulación M3 (87.5% H. Trigo / 12.5% H. Castaña)

Brabender® Extensograph

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|------|------|
| Evaluation of sample: | harina de trigo, harina castaña 10 % | | |
| Date: | 01/07/2014 | | |
| Operator: | ing. john gonzales | | |
| Test after 30/60/90 Minutes | | | |
| Waterabsorption: | 56.0 % | | |
| Proving Time [min]: | 30 | 60 | 90 |
| Energy [cm ²]: | 132 | 148 | 129 |
| Resistance to Extension [BU]: | 507 | 897 | 1187 |
| Extensibility [mm]: | 154 | 113 | 90 |
| Maximum [BU]: | 664 | 1147 | 1295 |
| Ratio Number: | 3.3 | 7.9 | 13.3 |
| Ratio Number (Max.): | 4.3 | 10.2 | 14.5 |
| Remarks: | harina de trigo, harina castaña 10 % | | |

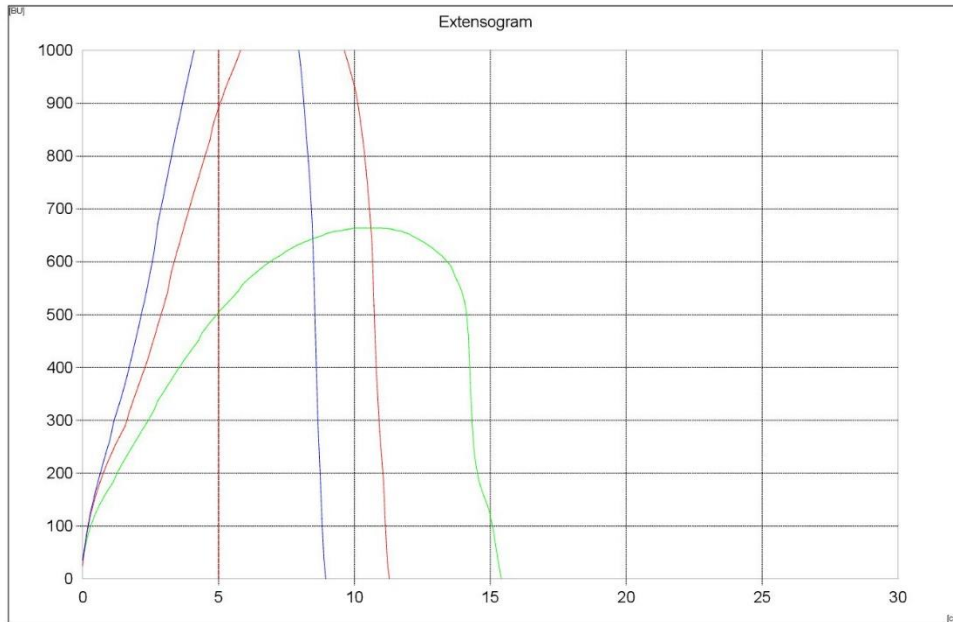


Figura 53: Extensograma de la formulación M4 (90% H. Trigo / 10% H. Castaña)

Brabender® Extensograph

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------|------|
| Evaluation of sample: | harina de trigo, harina castaña 5 % | | |
| Date: | 02/07/2014 | | |
| Operator: | ing. john gonzales | | |
| Test after 30/60/90 Minutes | | | |
| Waterabsorption: | 56.0 % | | |
| Proving Time [min]: | 30 | 60 | 90 |
| Energy [cm ²]: | 162 | 186 | 156 |
| Resistance to Extension [BU]: | 642 | 1296 | 1337 |
| Extensibility [mm]: | 145 | 107 | 92 |
| Maximum [BU]: | 849 | 1475 | 1477 |
| Ratio Number: | 4.4 | 12.1 | 14.5 |
| Ratio Number (Max.): | 5.9 | 13.8 | 16.0 |
| Remarks: | harina de trigo, harina castaña 5 % | | |

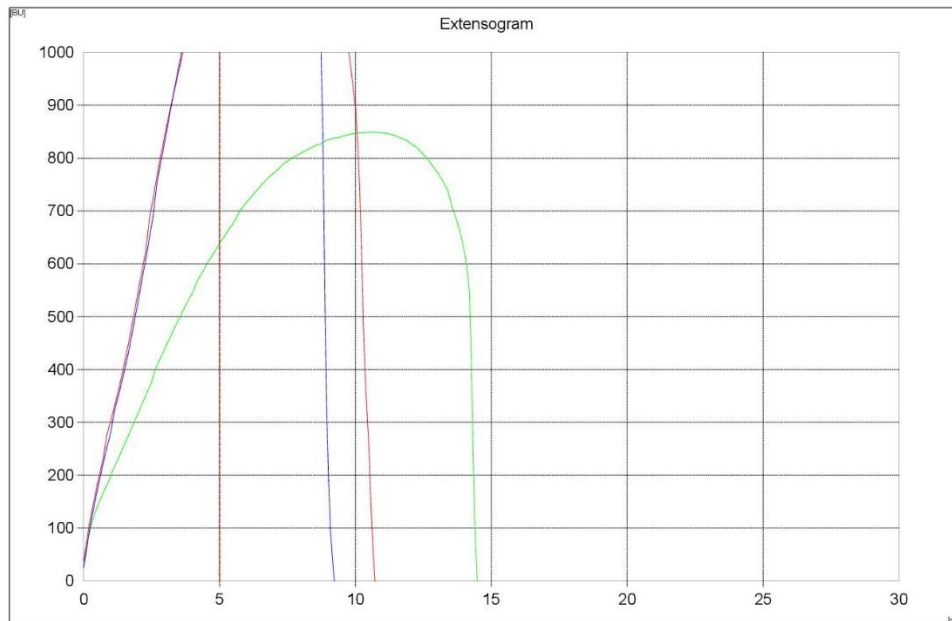


Figura 54: Extensograma de la formulación M5 (95% H. Trigo / 5% H. Castaña)