



DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN MASA HORNEADA DE ALFORFÓN (*Fagopyrum esculentum* Moench)



Luis Ricardo Aguilera Obregón; Leslie Violeta Vidal Jiménez; Pedro Santiago Melín Marín; Johannes Petrus Florentius De Bruijn

RESUMEN



Diseñar y evaluar un producto de masa horneada constituido por mezclas de fracciones de harina estandarizada de alforfón con harina de trigo en diferentes concentraciones, basado en análisis reológicos y mecánicos en masas crudas y horneadas.

Molienda (harina estandarizada)

Propiedades químicas (fracciones de harina y grano)

Propiedades físicas (masas crudas y horneadas)

- Humedad
- Reología
- Textura
- Color

Microscopia electrónica de barrido

Diseño experimental

Panificación experimental estandarizada



ANTECEDENTES

Pseudocereal de origen **asiático**, **libre de gluten** **apto para celíacos**. vitaminas **B₁** y **B₂** que previenen la arteriosclerosis. Incluye **rutina**, bioflavonoide que como compuesto bioactivo participa como agente antiinflamatorio, antihistamínico y antiviral. **Ácidos grasos** oleico, linoleico, palmítico y linolénico que previenen problemas cardiovasculares. **Minerales** potasio, magnesio, fósforo, y hierro que está en mayor proporción que en cereales y es propicio en la prevención de anemia. **Fibra** que contribuye en la tolerancia a la glucosa en personas con *Diabetes mellitus*.

JUSTIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- **Diseñar, potenciar y diversificar el uso de nuevas matrices alimentarias en base a harina de alforfón en la dieta**
- **Prevenir enfermedades mediante el consumo de alimentos funcionales y saludables de acuerdo a las características nutricionales**
- **Estandarizar procesos y desarrollarlos a escala industrial**

INTRODUCCIÓN

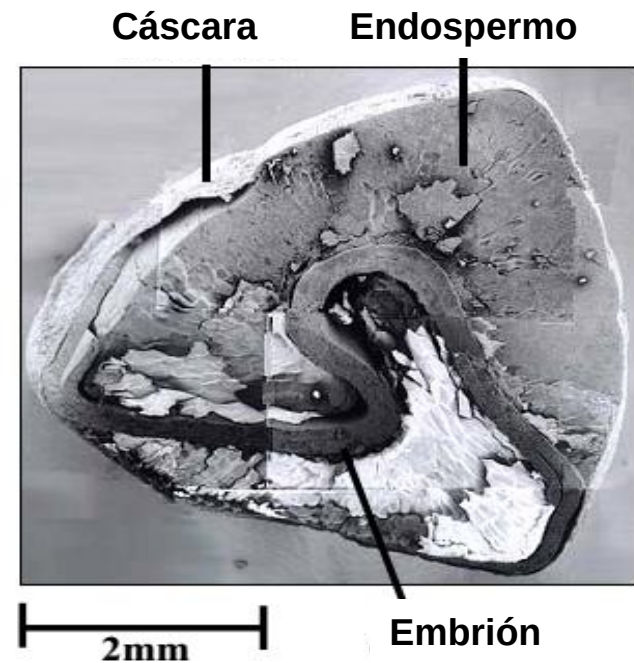
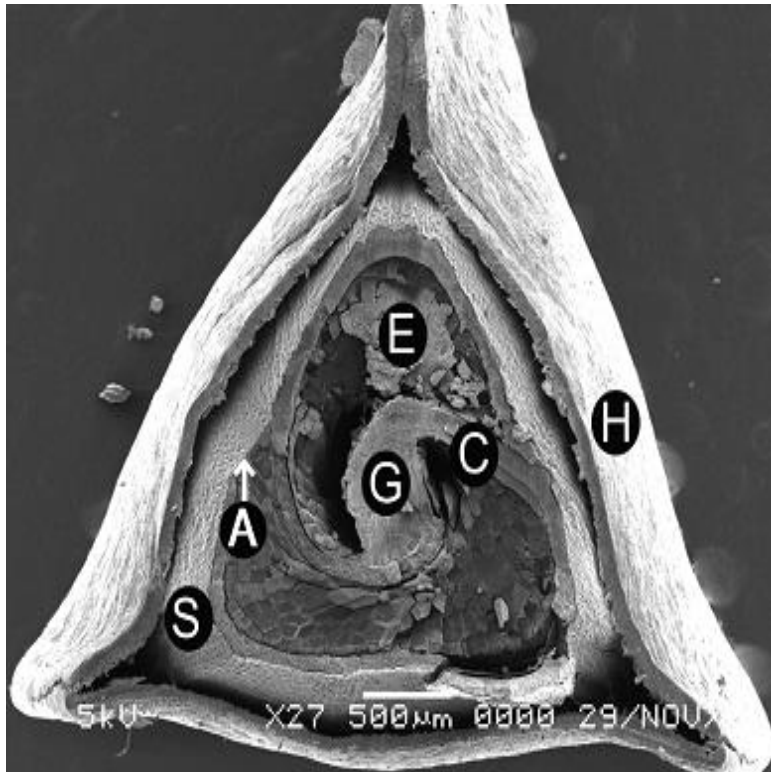
Semilla de alforfón (aquenio)



INTRODUCCIÓN

MORFOLOGÍA DEL GRANO DE ALFORFÓN

Aquenosios 4 – 9 mm triangular y piramidal



- (H) Pericarpio
- (S) Cutícula
- (A) Capa de Aleurona
- (G) Embrión
- (E) Endospermo de almidón
- (C) Cotiledones

INTRODUCCIÓN

Composición proximal de fracciones de harina de alforfón comparadas con trigo

Composición	Grano Alforfón	Sémola Alforfón	Harina cruda Alforfón	Harina fina Alforfón	Grano Trigo	Harina Trigo
Carbohidratos	58.5 – 73.5	70.9	67.4	70.7	66.9	74.7
Proteína	10 – 14.5	9.7	12.0	10.9	14.0	11.8
Lípidos	2.0 – 2.6	1.8	2.3	1.7	2.1	1.1
Fibra	9.3 – 10.9	3.7	7.2	2.0	2.6	0.3
Ceniza	2.0 – 2.5	1.7	2.1	1.6	1.9	0.4
Humedad	12 – 14.0	12.3	10.3	13.1	12.5	11.7

HIPÓTESIS

Es posible diseñar una masa horneada de alforfón, proveniente de fracciones de harina similar a una harina comercial.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un producto de masa horneada basado en mezclas de fracciones de harina de alforfón con harina de trigo.



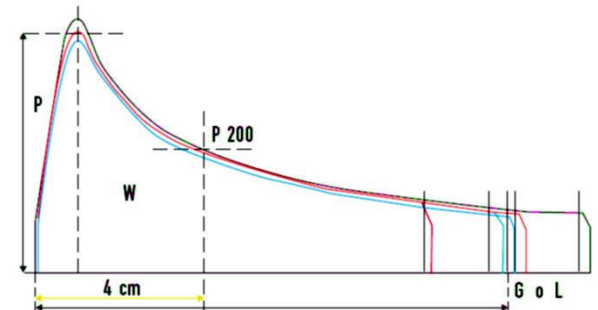
OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

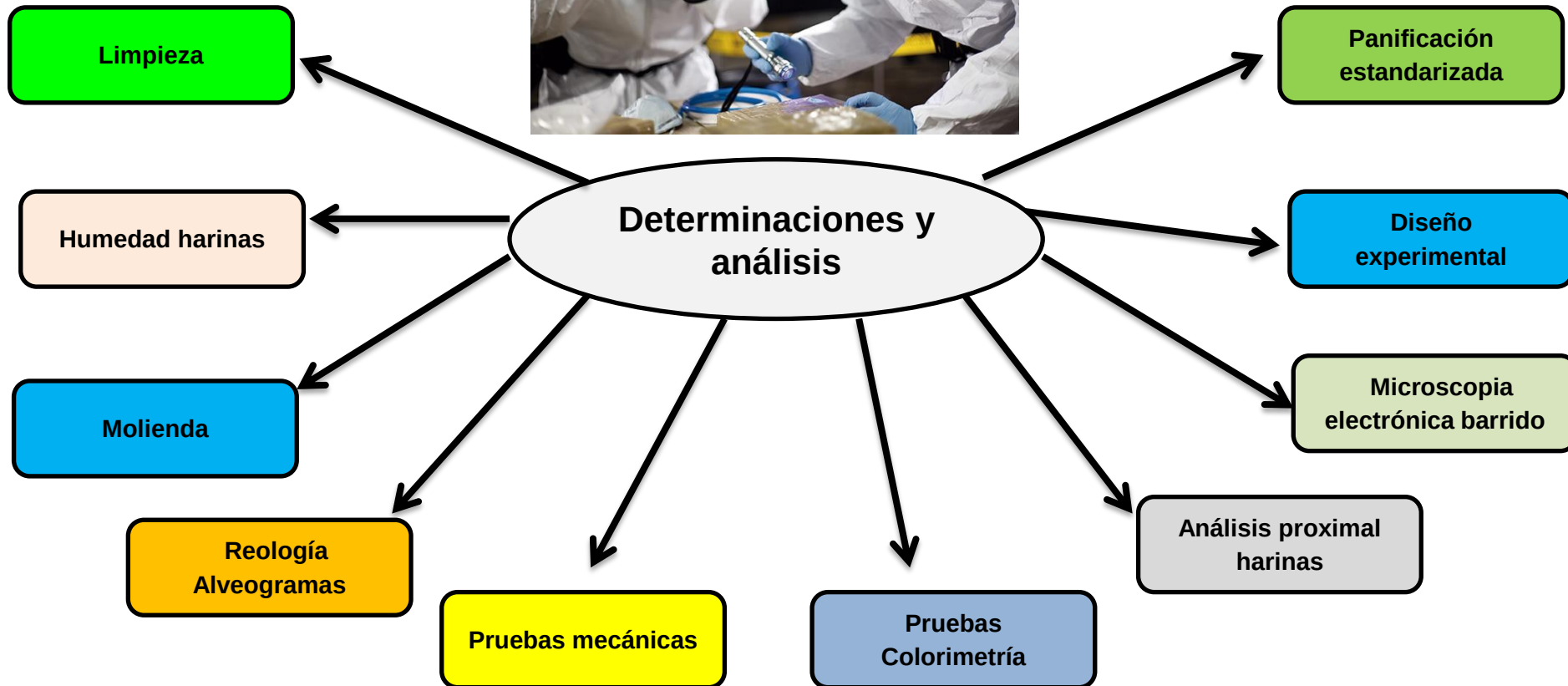
Caracterizar las fracciones de harina mediante análisis de propiedades físicas y químicas

Comparar y seleccionar de acuerdo a la fuerza panadera de las mezclas harina de alforfón con harina de trigo

Evaluar panificación experimental de alforfón con panificación estandarizada



METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

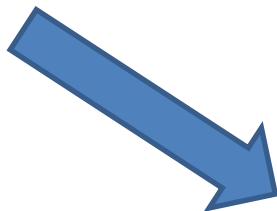
Humedad grano y
harinas



Molienda
Dureza del grano



Alveogramas
Adición NaCl 5 %



130° C durante 1,5 horas

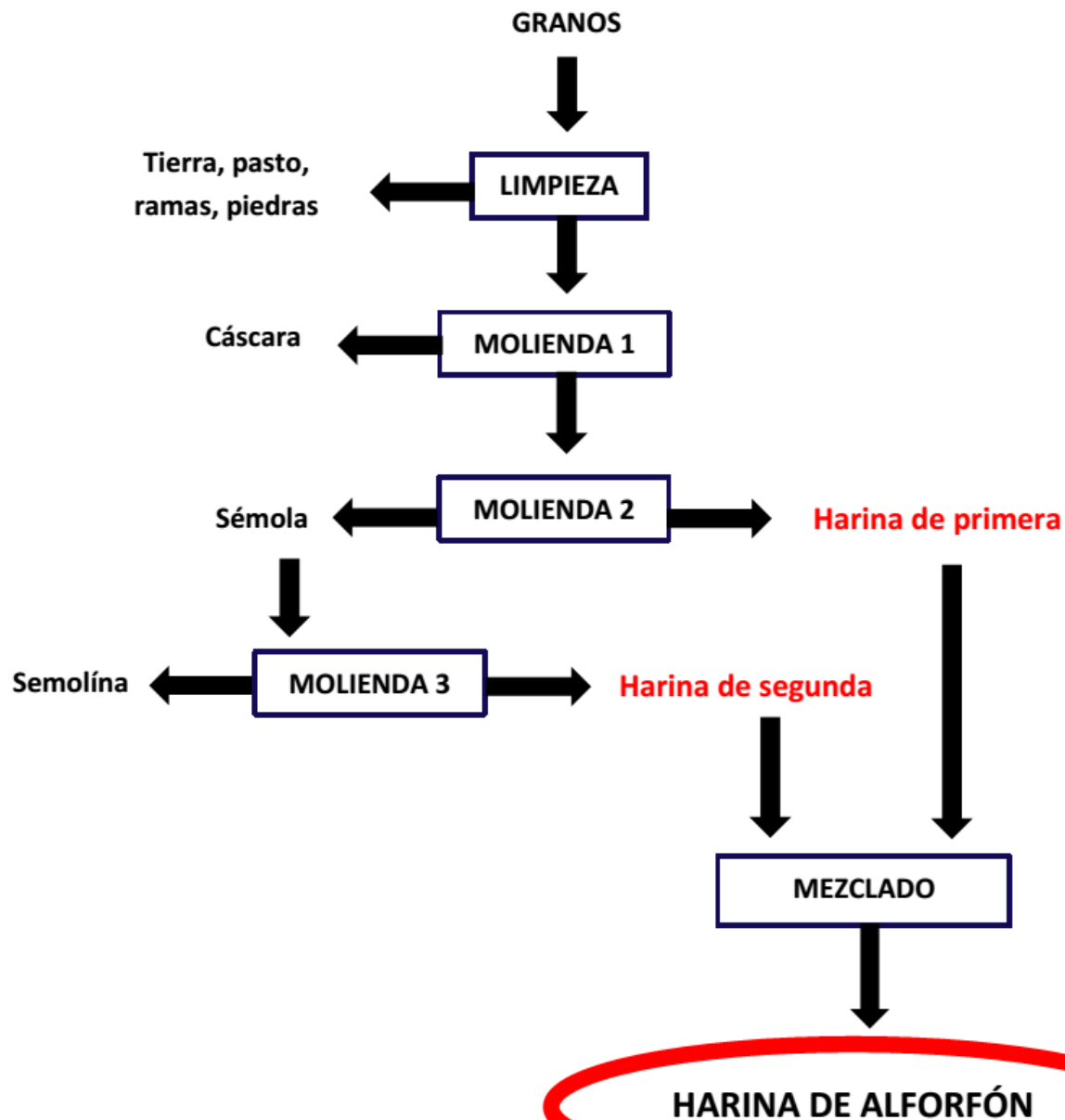
International Association of Cereal Chemistry (ICC) standard N° 113.

METODOLOGÍA



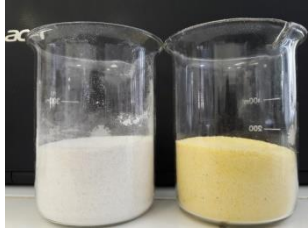
Molienda

OBTENCIÓN DE HARINA DE ALFORFÓN



METODOLOGÍA

Alveogramas



Mezcla harinas



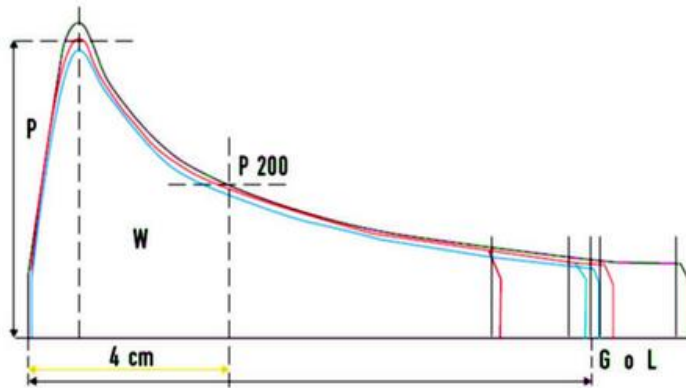
Amasado



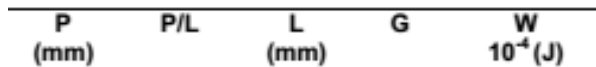
Insuflado



Registro alveograma



Parámetros alveogramas



G : Índice de hinchamiento
W: Trabajo de deformación
P/L: Relación
S: Área de la curva
P: Sobrepresión máxima (Y)
L: Abscisa media de ruptura (X)

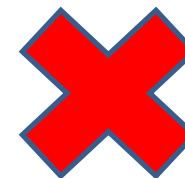
ELASTICIDAD
FUERZA PANADERA
CONFIGURACIÓN DE LA CURVA
INTEGRAL
TENASIDAD
EXTENSIBILIDAD

Norma internacional ICC 121 ISO 5530-4 AACC 54-30A.

METODOLOGÍA

Reología.
Alveogramas con
mezclas factibles

MEZCLA HARINAS (%)	
Alforfón	Trigo comercial
-	100
10	90
20	80
30	70
40	60
50	50



MEZCLAS DESCARTADAS PARA ALVEOGRAMAS

- 1- Alforfón - Maíz
- 2- Alforfón - Arroz
- 3- Alforfón - Trigo integral

METODOLOGÍA

Pruebas Colorimetría

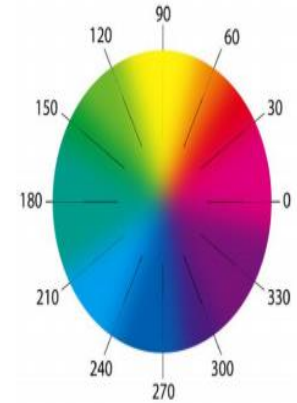
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

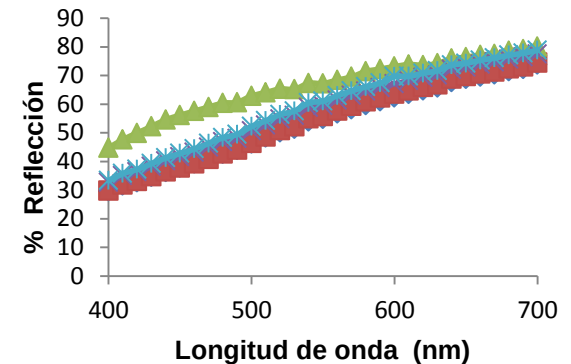
Composición	
(%)	
Alforfón	100
Arroz	100
Trigo	100
Trigo Alforfón	50 50
Trigo Alforfón	60 40
Trigo Alforfón	70 30
Trigo Alforfón	80 20
Trigo Alforfón	90 10
Arroz Alforfón	50 50
Arroz Alforfón	60 40
Arroz Alforfón	70 30
Arroz Alforfón	80 20
Arroz Alforfón	90 10
Maíz Alforfón	50 50



Espectrofotocolorímetro Hunter Lab
Sistema coordenadas L* a* b*



Arroz 60% alforfón 40%



RGB (L*a*b*)			RGB (Lab)		
R	G	B	R	G	B
206	188	157	189	177	150
202	190	173	186	178	162
233	227	208	224	221	203

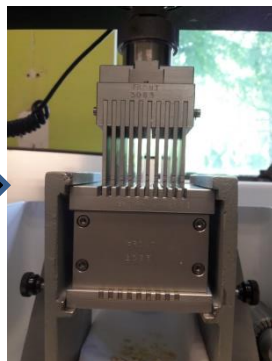
Composición (%)	MASAS CRUDAS				MASAS HORNEADAS			
	MUESTRAS PATRONES			Ángulo del tono cromático	MUESTRAS PATRONES			Ángulo del tono cromático
	Trigo	Alforfón	Arroz		Trigo	Alforfón	Arroz	
	Δ E (L*a*b*)	Δ E (L*a*b*)	Δ E (L*a*b*)		Δ E (L*a*b*)	Δ E (L*a*b*)	Δ E (L*a*b*)	

METODOLOGÍA

Pruebas Textura



Máquina universal
INSTRON modelo ID-4467
HI998



Prensa Kramer

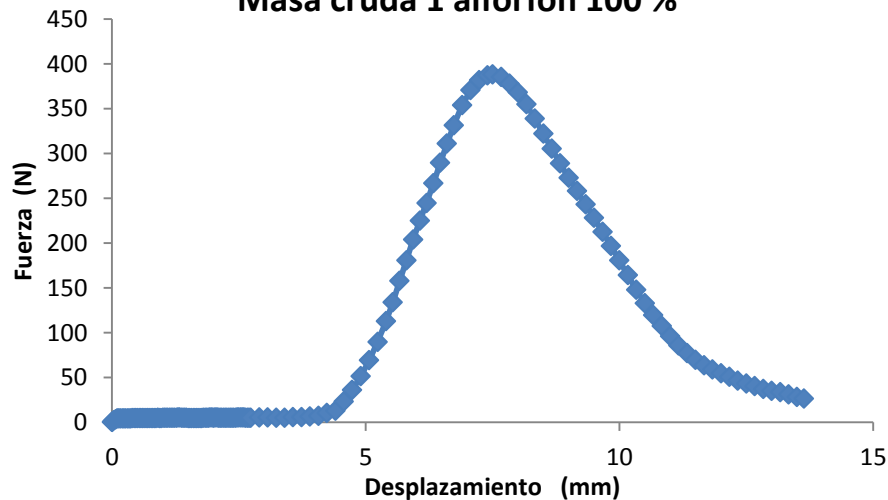


Pastón masa cruda y
horneada



Ensayo de
Compresión
destructivo

Masa cruda 1 alforfón 100 %



MASAS HORNEADAS				
Composición (%)		Fuerza máxima (N)	Pendiente (N*mm ⁻¹)	Dureza (1*10 ⁻³ J)
Alforfón	100	3219,46	981,58	6999,12
Arroz	100	1233,67	150,68	5047,68
Trigo	100	726,54	98,80	3173,83
Trigo Alforfón	50 50	1696,90	264,51	5904,22
Trigo Alforfón	60 40	1770,03	236,63	6912,50

METODOLOGÍA

Análisis proximal de harinas y partes del alforfón

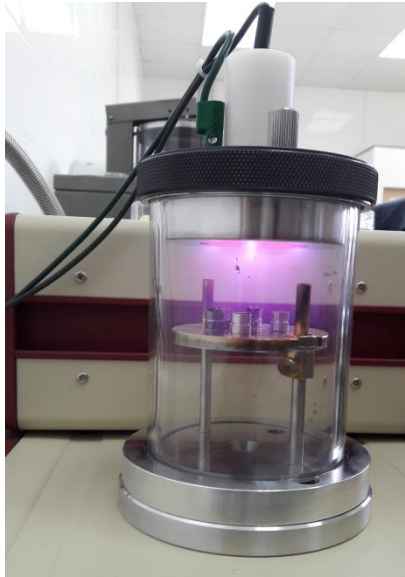
Humedad : AOAC 934.01
Cenizas : AOAC 930.05
Grasas: AOAC 930.09
Proteínas: AOAC 978.04
Fibra : AOAC 934.10
Carbohidratos : Balance energético

Nombre muestra	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
Alforfón grano entero				
Cascara alforfón				
Cutícula alforfón				
Sémola alforfón				
Semolína alforfón				
Semolína alforfón integral				
Harina 1º alforfón				
Harina 2º alforfón				
Harina 2º alforfón integral				
Harina alforfón integral				

METODOLOGÍA

Microscopía
electrónica de
barrido

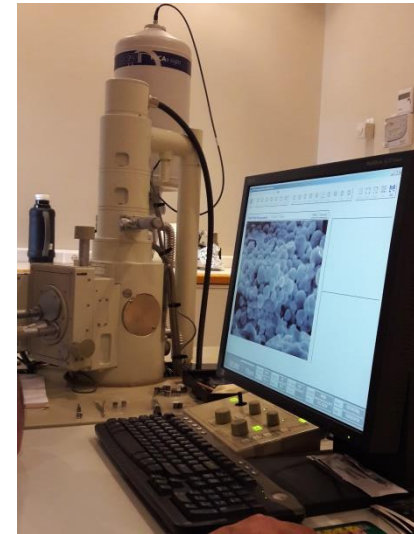
Preparación
muestra



Equipo
metalizador



Muestras
cubiertas con oro



Microscopio
electrónico de
barrido

Diseño experimental

MATRIZ DE CORRELACIÓN

Error asociado del 5 %.

Evalúa grado de asociación entre las variables de la matriz de correlación

Composición (%)	INSTRON			ALVEÓGRAFO				
	Fuerza máxima (N)	Dureza (1*10 ⁻³ J)	Pendiente (N*mm-1)	P (mm)	P / L	L (mm)	G	W (10 ⁻⁴ J)
Trigo 100	156,29	504,90	42,71	63,58	0,47	136,2	25,9	407,04
Alforfón 100	395,45	638,63	153,82	—	—	—	—	—
Arroz 100	300,26	576,37	111,20	—	—	—	—	—
Trigo 90 Alforfón 10	120,11	374,68	28,09	71,06	0,60	117,9	24,1	434,38
Trigo 80 Alforfón 20	107,97	359,89	21,12	53,46	0,60	89,6	21	243,94
Trigo 70 Alforfón 30	93,64	291,45	17,78	55,8	0,81	68,7	18,4	200,77
Trigo 60 Alforfón 40	90,88	331,64	13,42	59,18	0,85	69,5	18,5	183,7
Trigo 50 Alforfón 50	75,35	290,63	12,50	67,3	1,12	60,1	17,2	174,4

METODOLOGÍA

Panificación estandarizada

Panificación experimental estandarizada de acuerdo a la Norma Chilena 668 Of. 68.

Condición masa

200 g d harina
8 g de leche
6 g de materia grasa
20 mL sal- azúcar
20 mL solución de levadura

EVALUACIÓN FÍSICA Y ORGANOLEPTICA DE PANES DE MOLDE



Fermentación.

3 fermentaciones de 15 min , 10 min, 10 min

Condición de horneado:

Temperatura a 180 ° C
Tiempo 30 – 40 min en horno eléctrico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad grano entero de alforfón



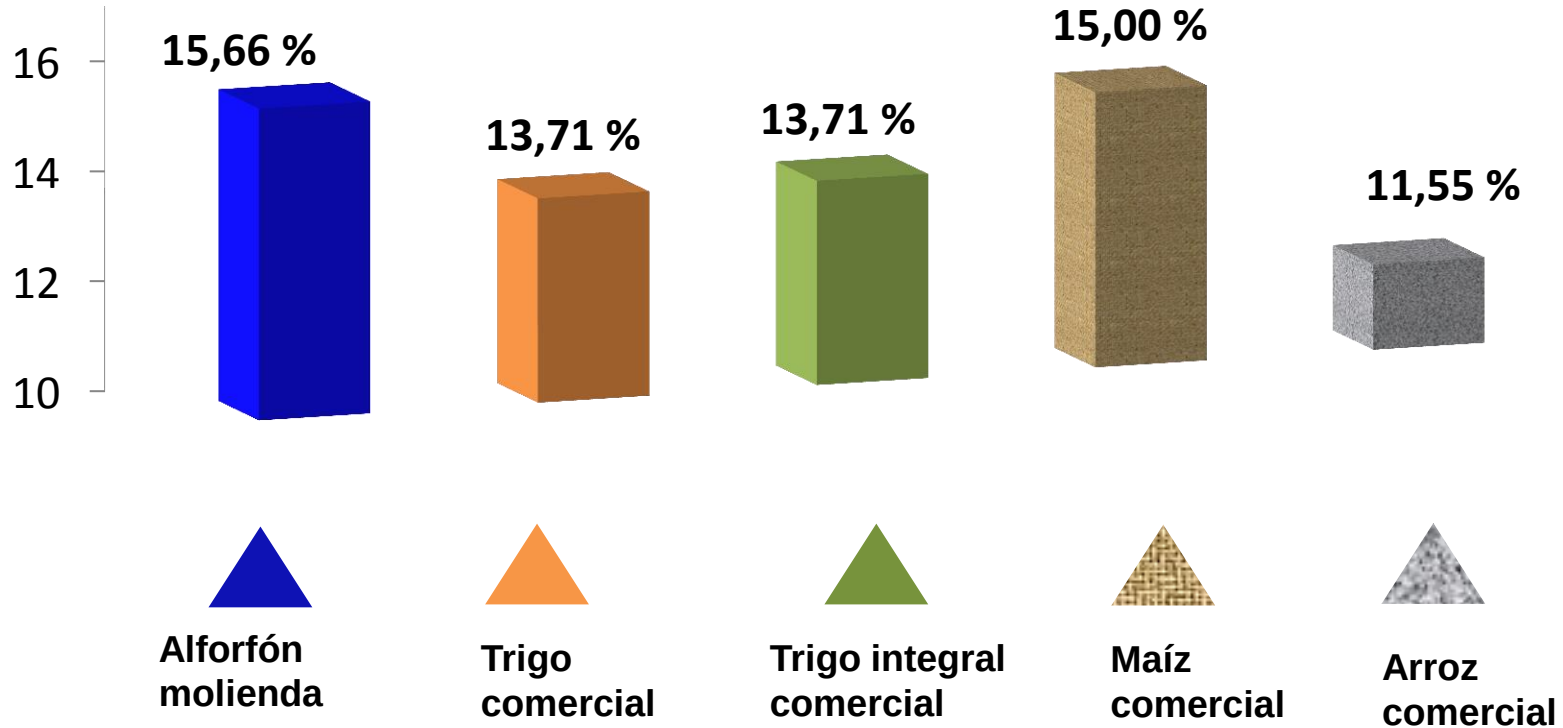
14,14 % Humedad



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad harinas

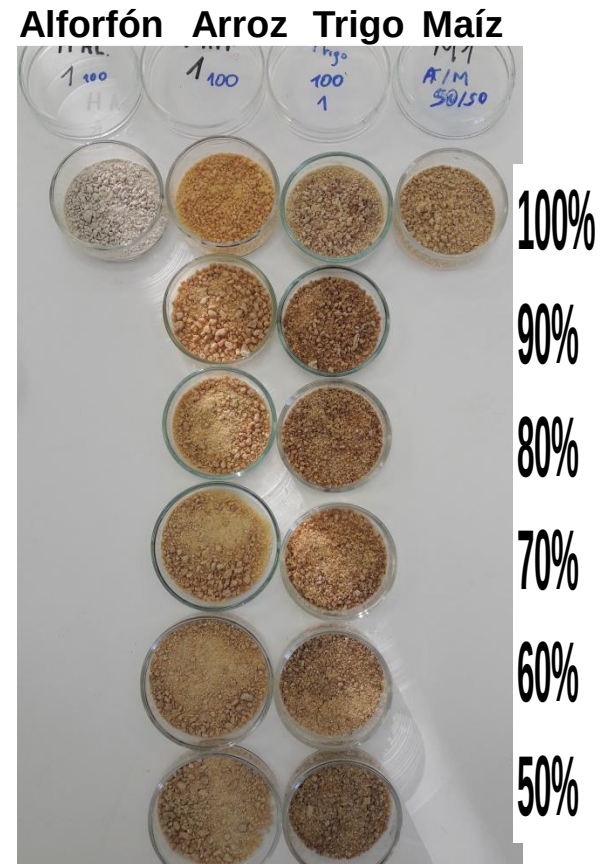
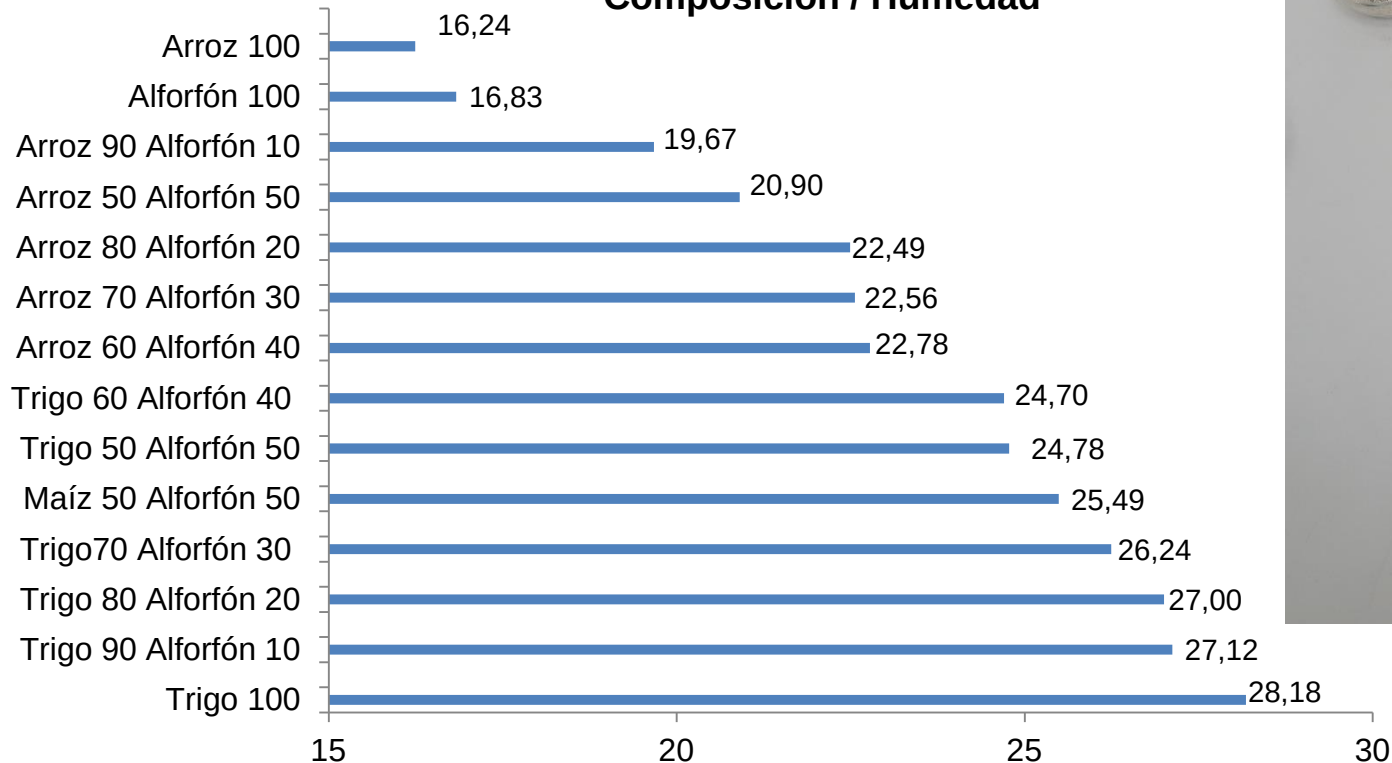
% Humedad



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

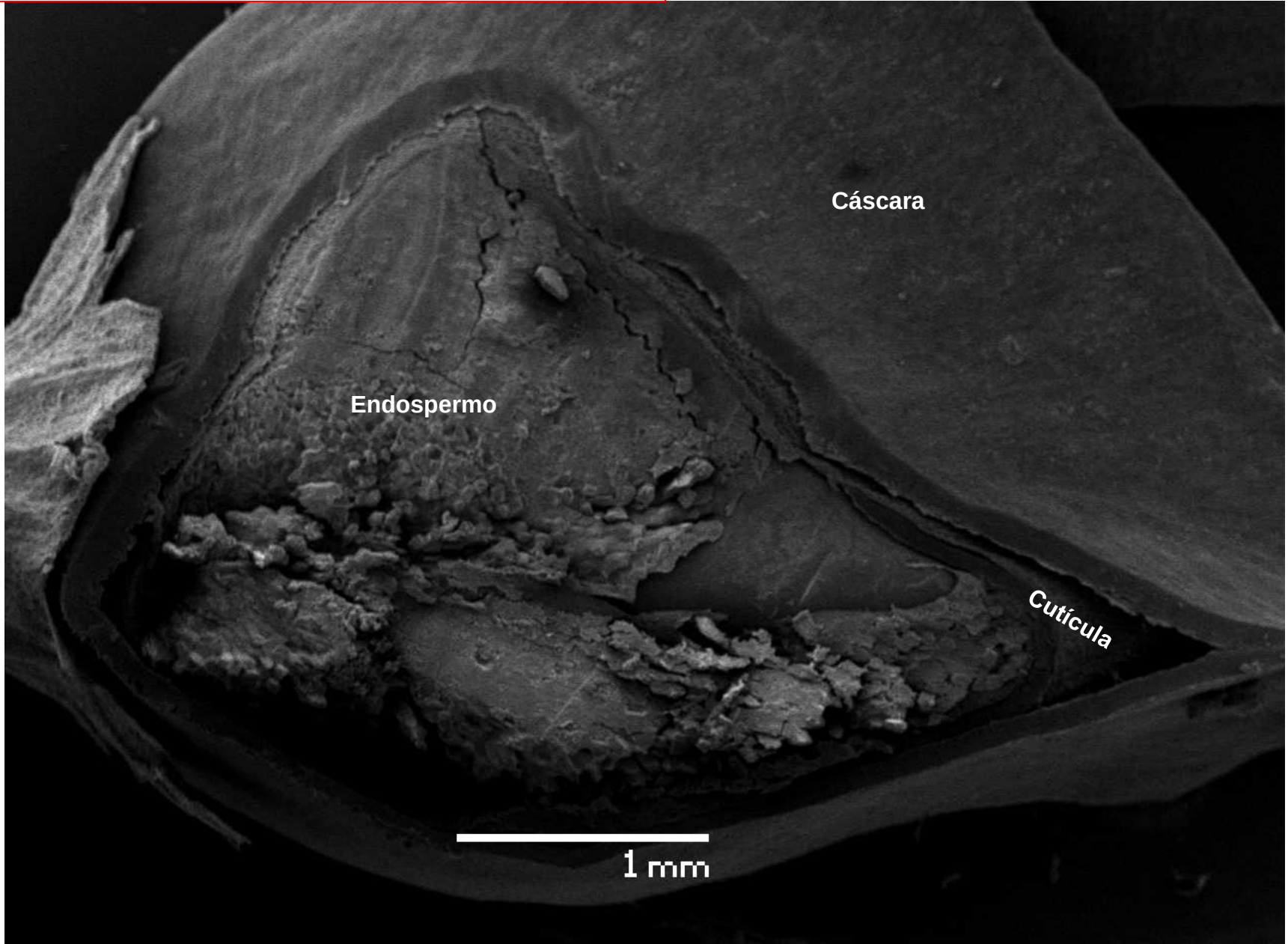
Humedad masas horneadas

MASAS HORNEADAS
Composición / Humedad



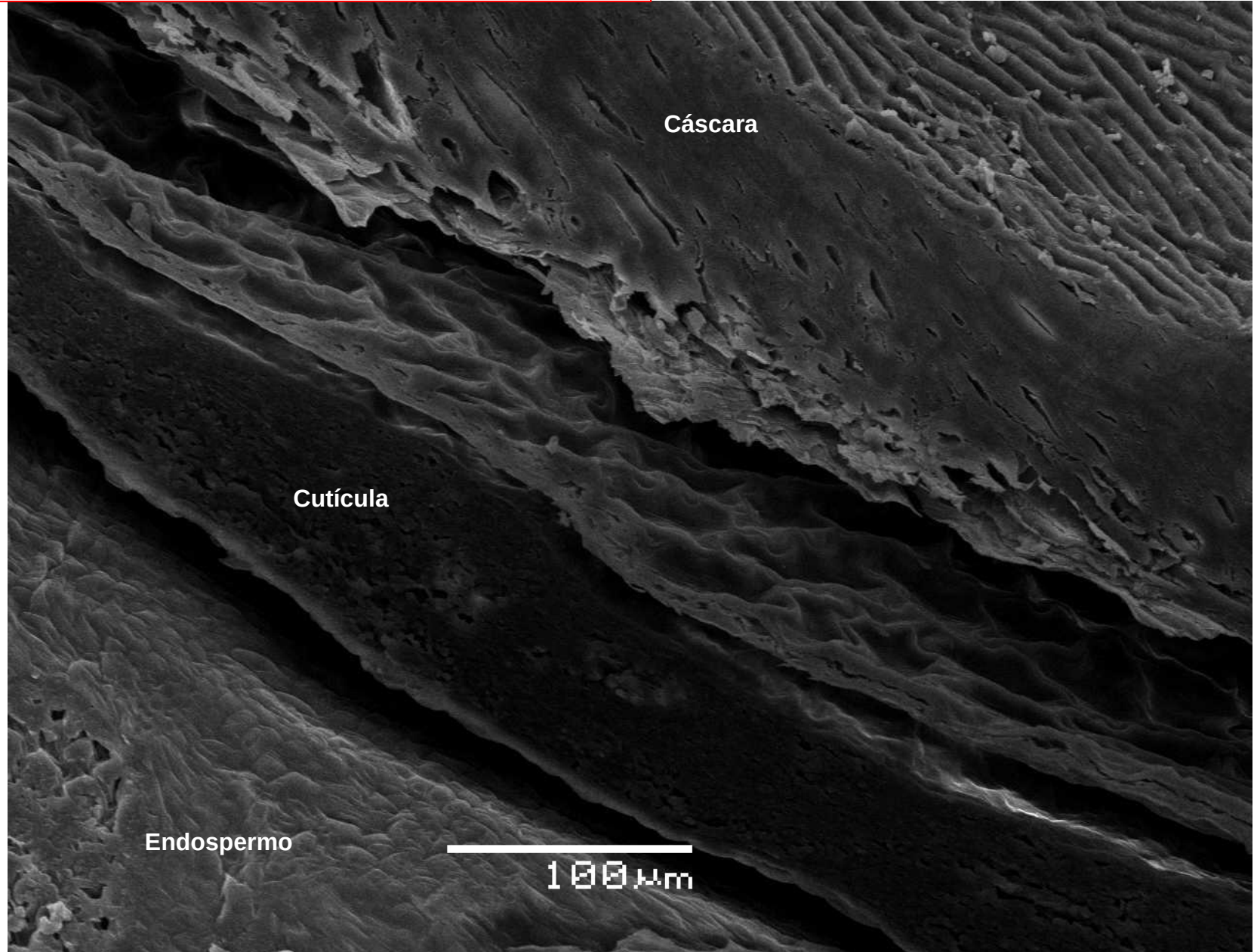
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



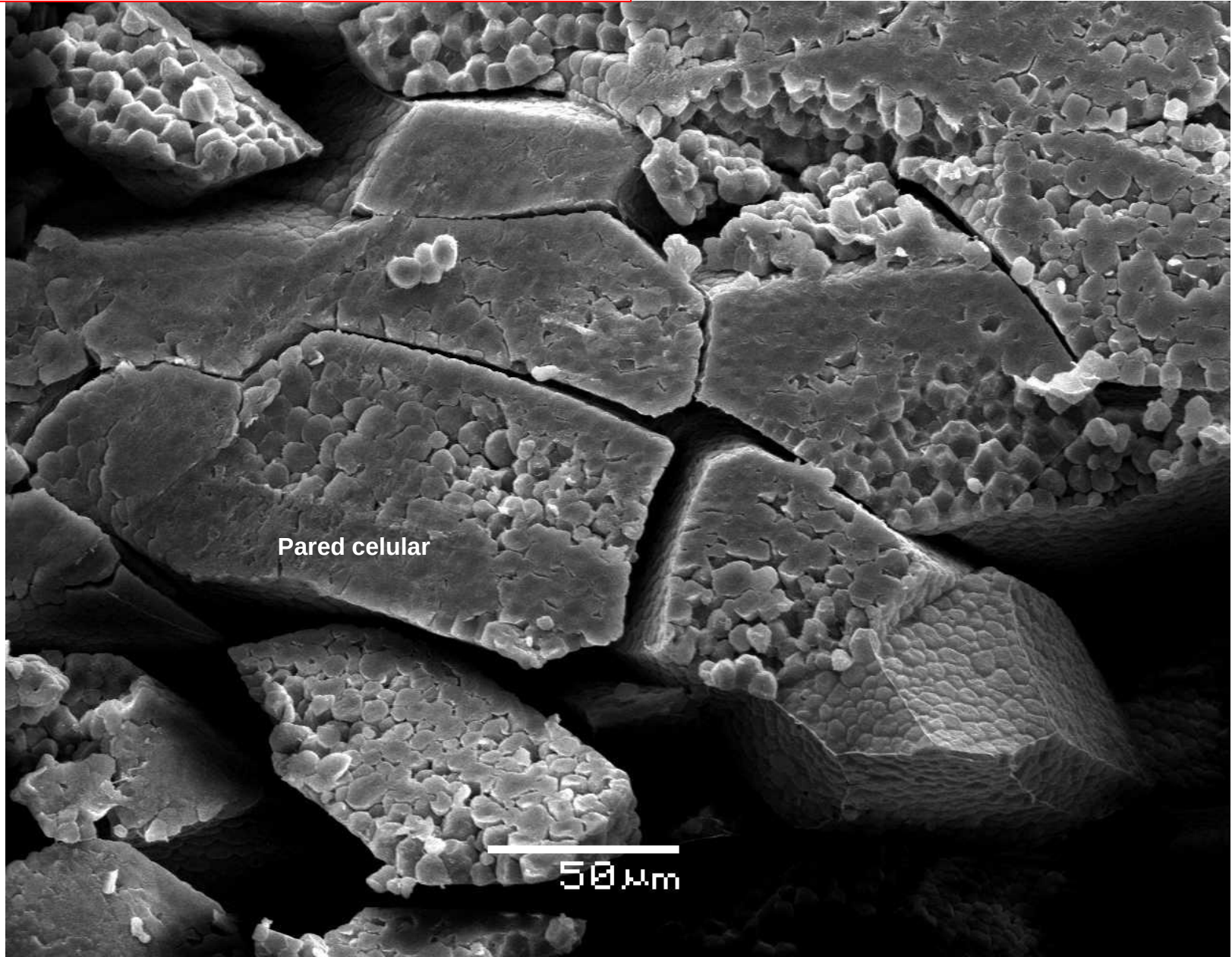
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



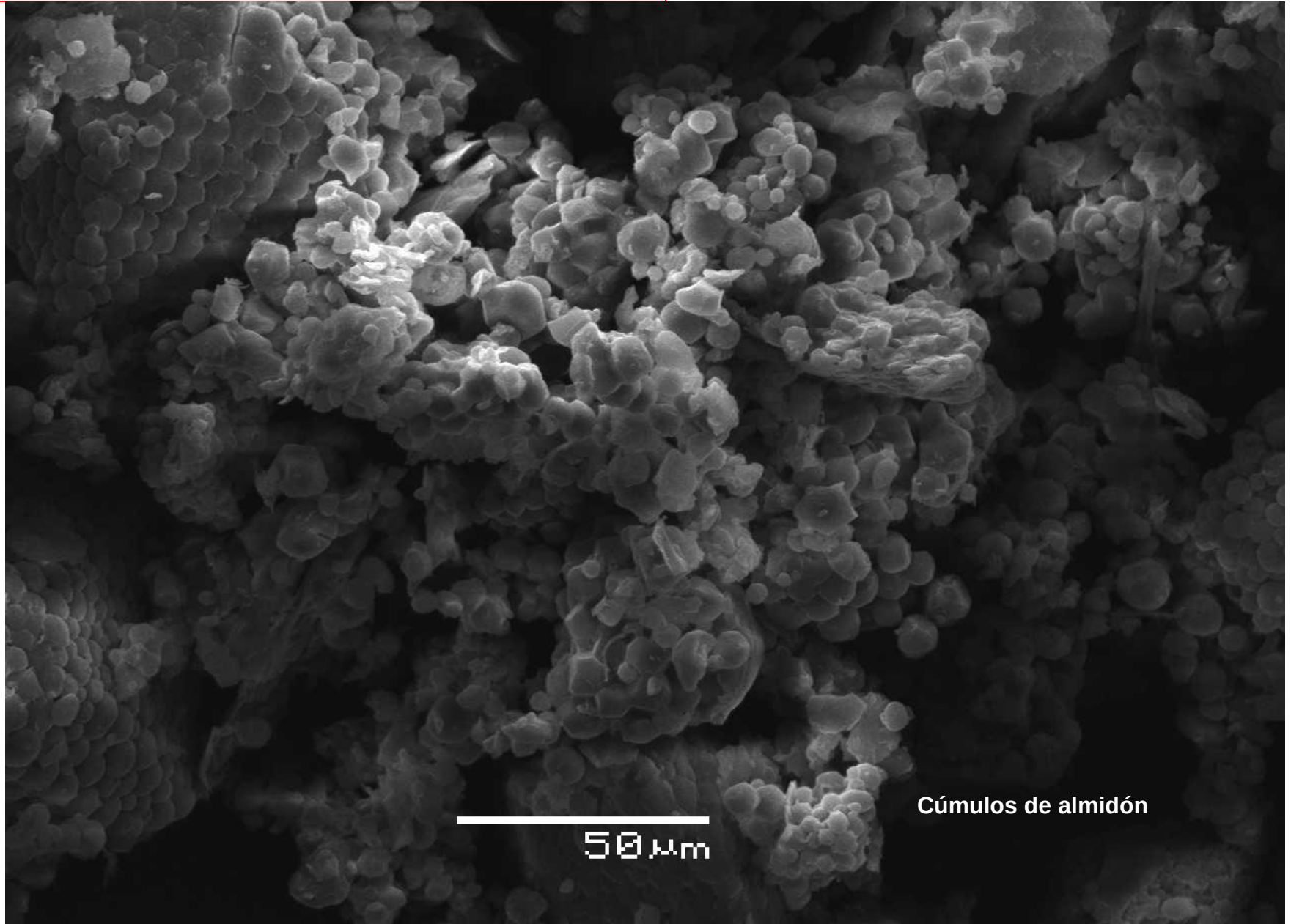
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



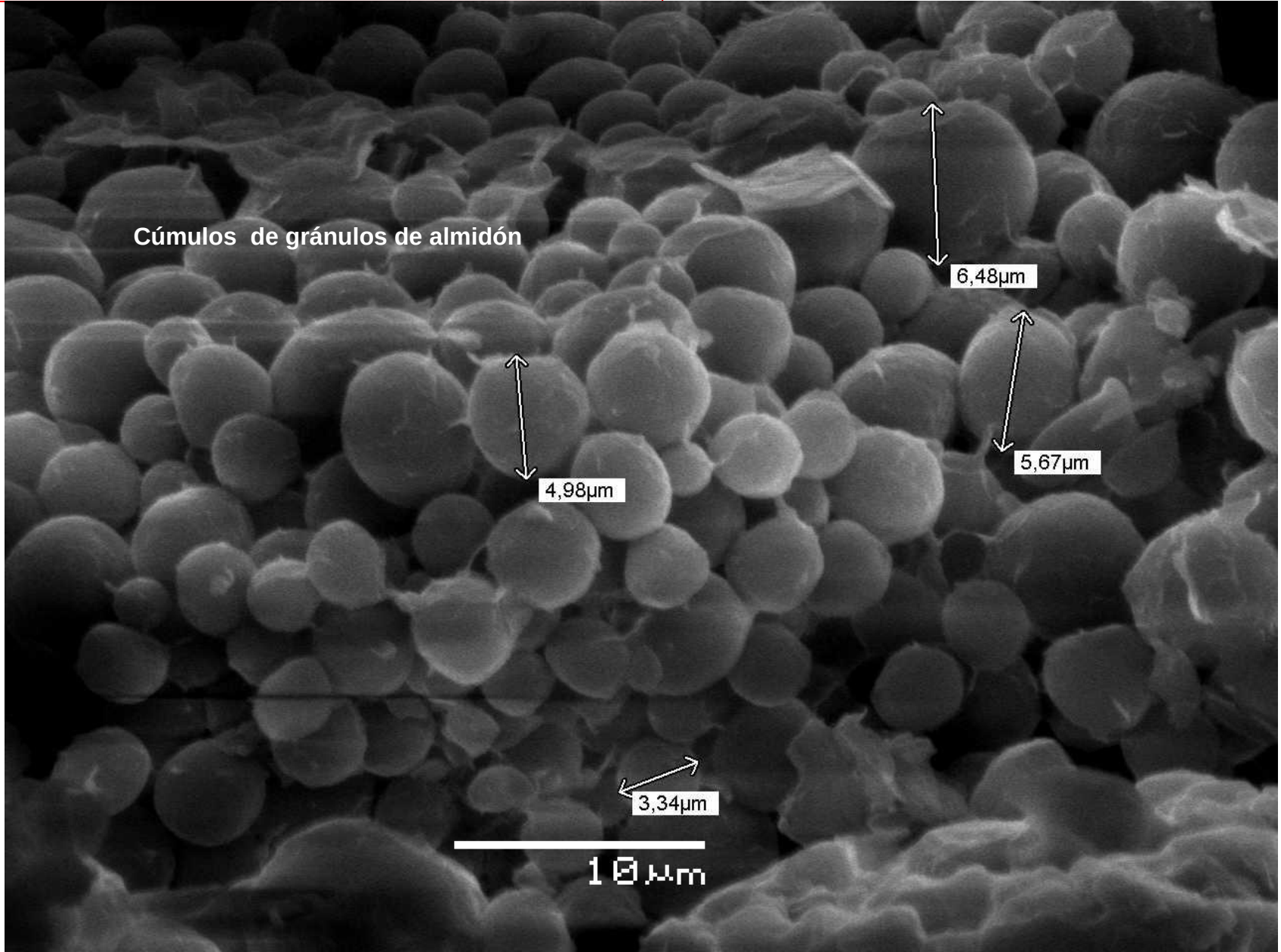
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



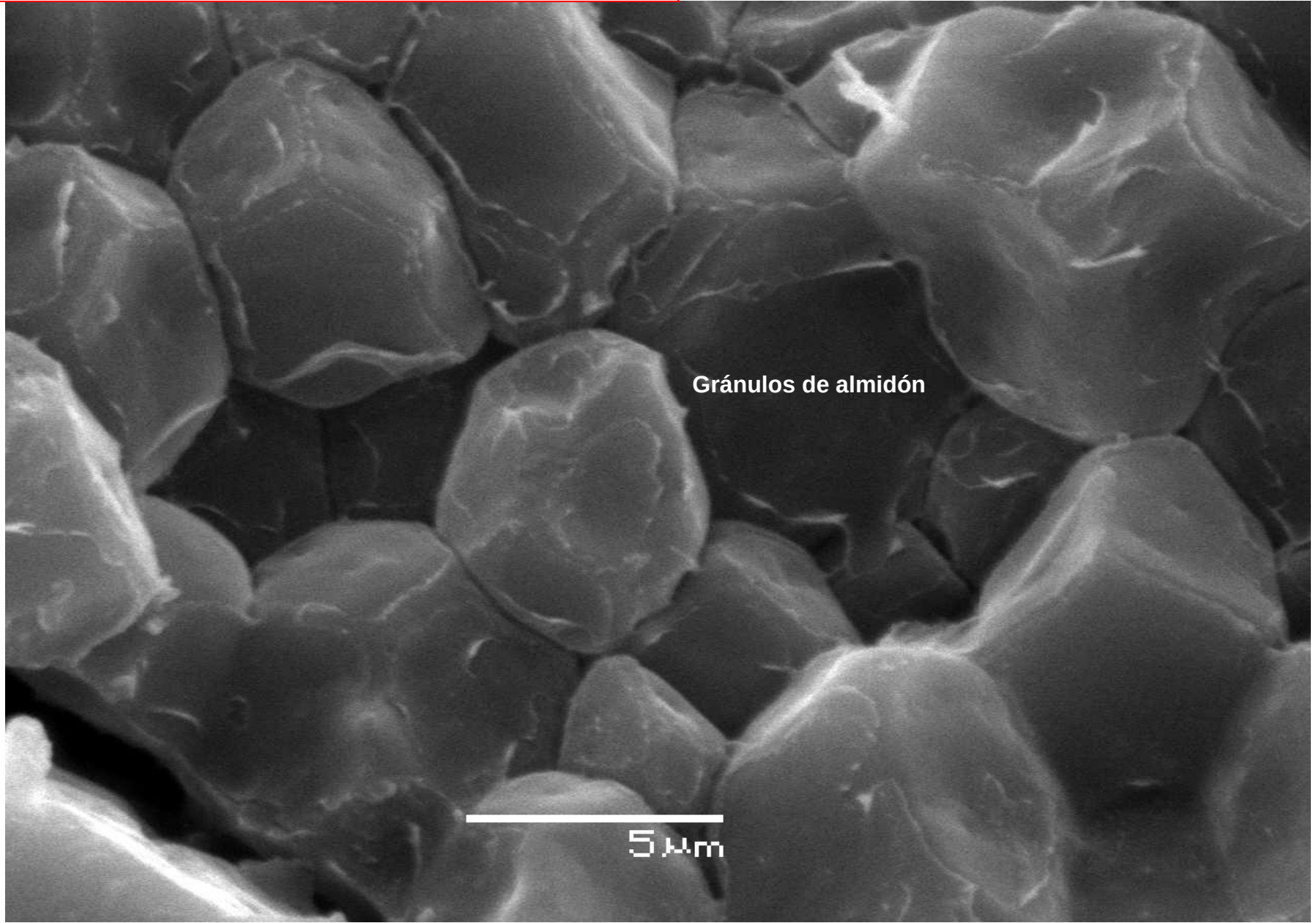
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía electrónica de barrido



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

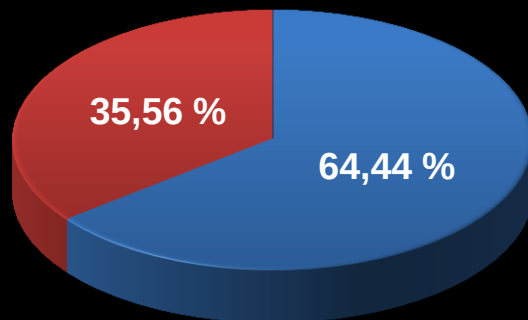
Proceso de molienda alforfón

Molino Retsch



Desecho	Grano	
	(g)	(%)
Cáscara	1085	21,8
Cutícula	440	8,8
Total no usado	1525	30,6
Fracciones		
Harina de primera	1685	33,8
Sémola	1730	34,7
Harina de segunda	930	18,7
Semolína	790	15,9

Composición harina de alforfón %

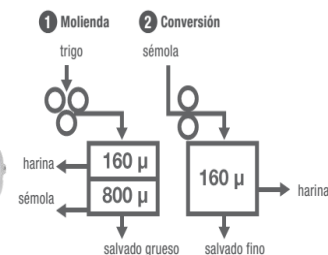


- Harina de primera
- Harina de segunda

Molino CD Chopin

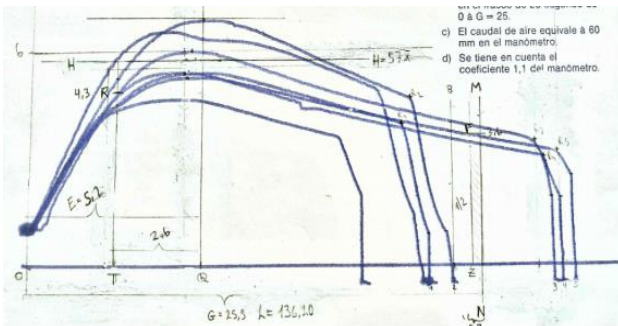


Esquema de funcionamiento del CD1



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

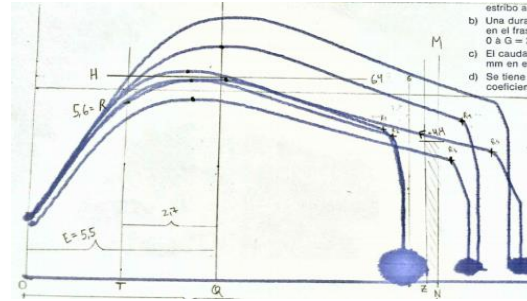
Propiedades Físicas : Alveogramas



Trigo 100 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

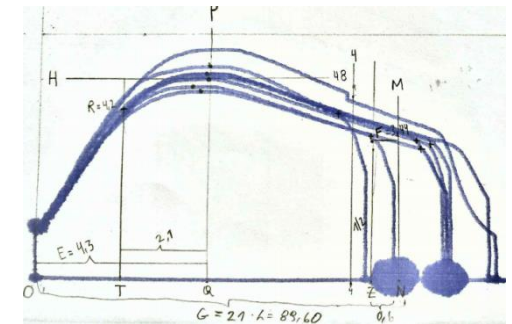
63,58 0,47 136,2 25,9 407,04



Trigo 90 % Alforfón 10 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

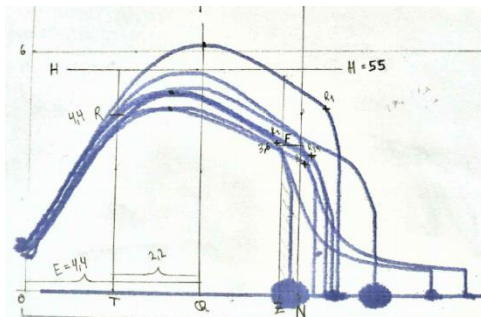
71,06 0,60 117,9 24,1 434,38



Trigo 80 % Alforfón 20 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

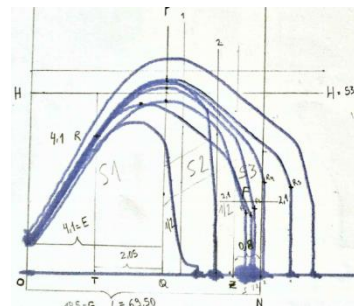
53,46 0,60 89,6 21 243,94



Trigo 70 % Alforfón 30 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

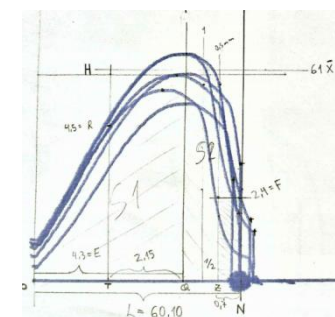
55,8 0,81 68,7 18,4 200,77



Trigo 60 % Alforfón 40 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

59,18 0,85 69,5 18,5 183,7



Trigo 50 % Alforfón 50 %

P (mm)	P/L	L (mm)	G	W (10^{-4} J)
-----------	-----	-----------	---	---------------------

67,3 1,12 60,1 17,2 174,4

P: tenacidad, P/L: relación de equilibrio de la curva, L: extensibilidad, G: elasticidad, W: trabajo o fuerza panadera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

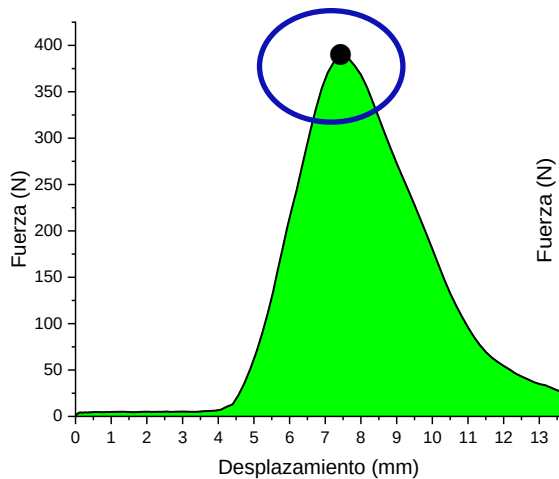
Propiedades Físicas : Textura

DUREZA $(1 \cdot 10^{-3} \text{ J})$
FUERZA MÁXIMA (N)
PENDIENTE $(\text{N} \cdot \text{mm}^{-1})$

ÁREA BAJO LA CURVA
PUNTO DE RUPTURA
ELASTICIDAD

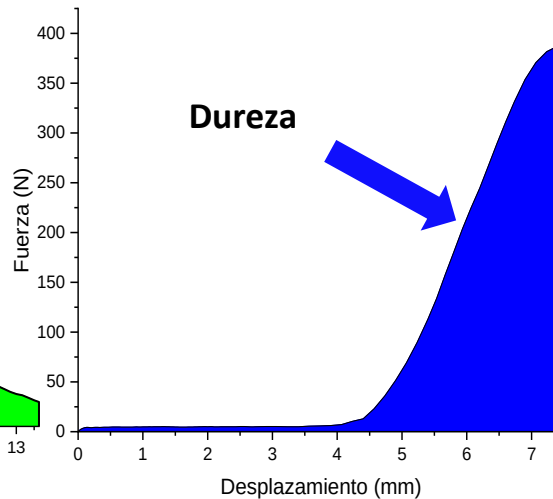
Masa cruda Alforfón 100 %

Fuerza máxima



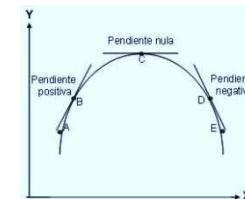
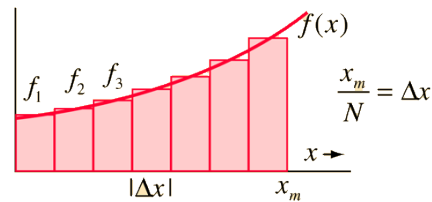
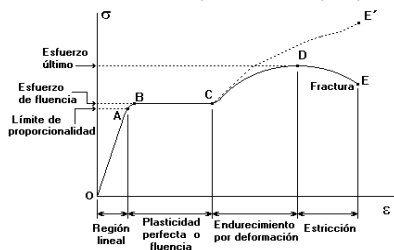
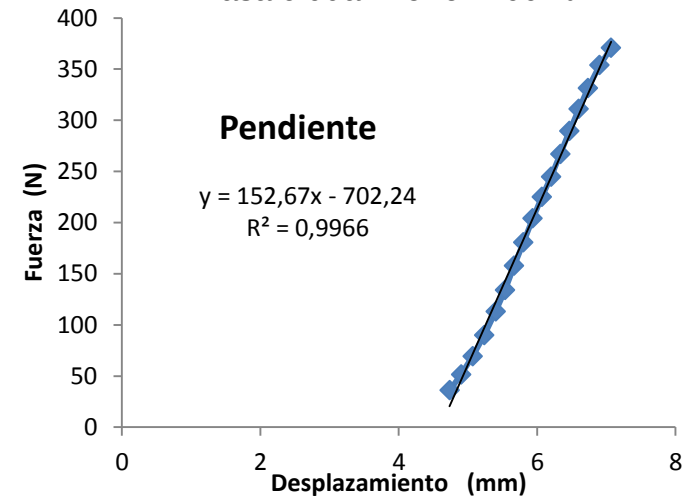
Masa cruda Alforfón 100 %

Dureza



Masa cruda Alforfón 100 %

Pendiente

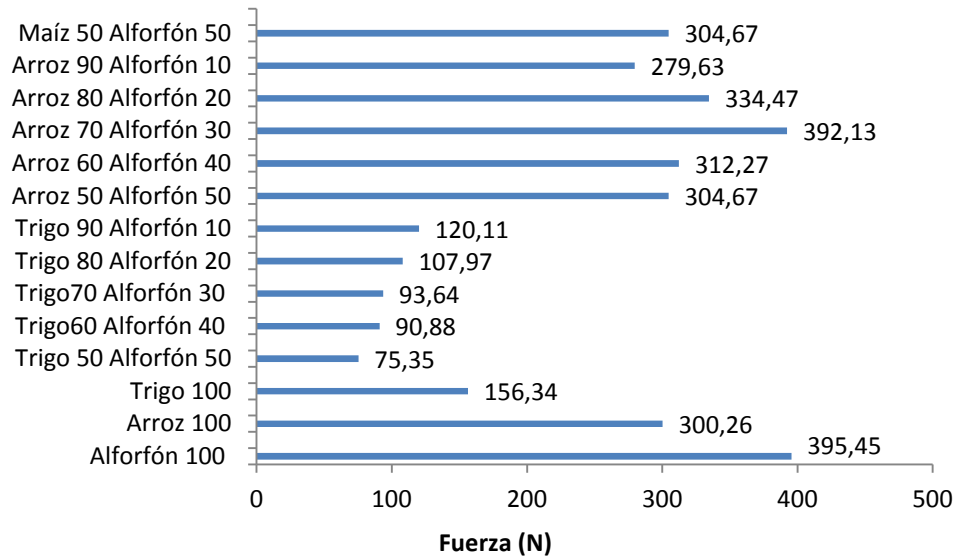


$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Textura

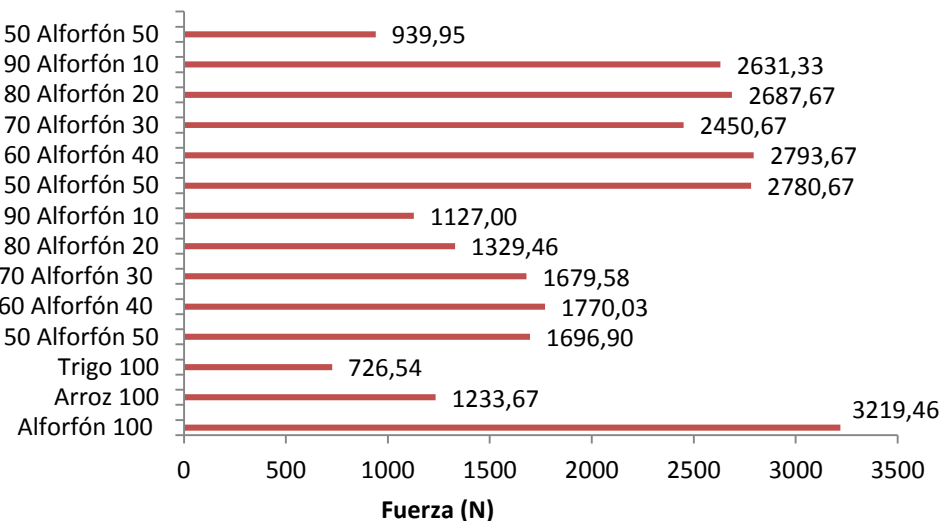
MASAS CRUDAS Composición v/s Fuerza máxima



**Fuerza máxima (N) , según
composición de la masa cruda**

**Fuerza máxima (N) , según
composición de la masa horneada**

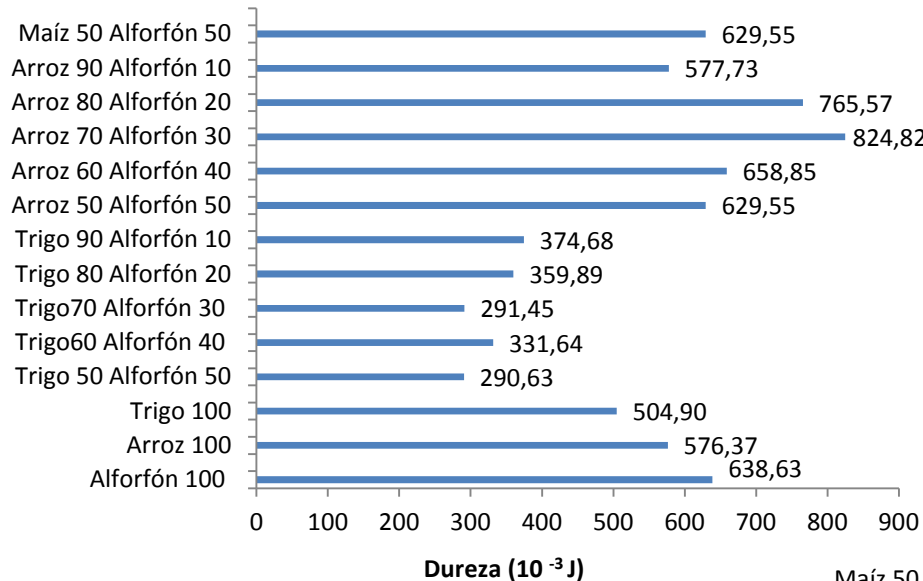
MASAS HORNEADAS Composición v/s Fuerza máxima



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Textura

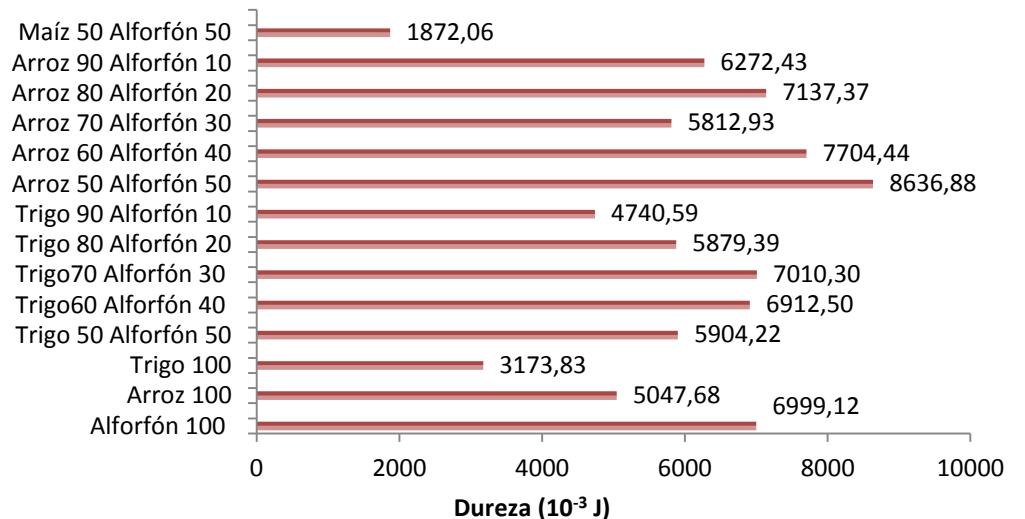
MASAS CRUDAS Composición v/s dureza



Dureza ($1 \cdot 10^{-3}$ J) según composición de la masa cruda

Dureza ($1 \cdot 10^{-3}$ J) según composición de la masa horneada

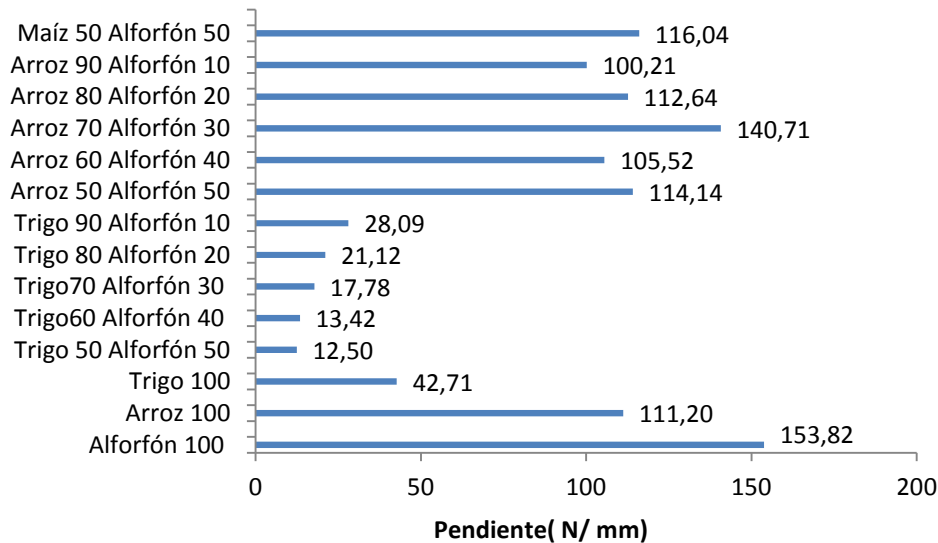
MASAS HORNEADAS Composición v/s dureza



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Textura

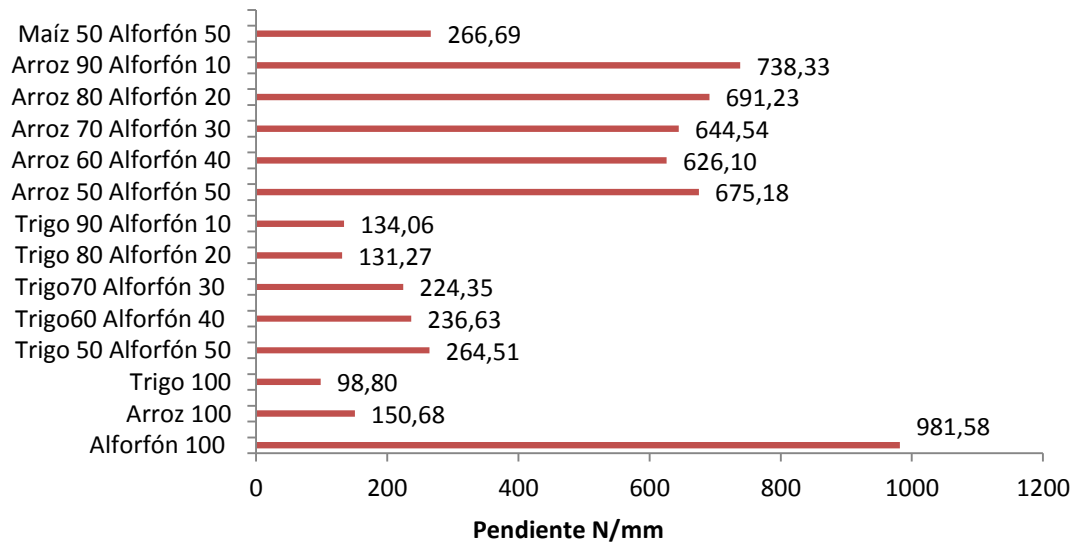
MASAS CRUDAS Composición v/s Pendiente



**Pendiente (N /mm) , según
composición de la masa cruda**

**Pendiente (N /mm) , según
composición de la masa horneada**

MASAS HORNEADAS Composición v/s Pendiente



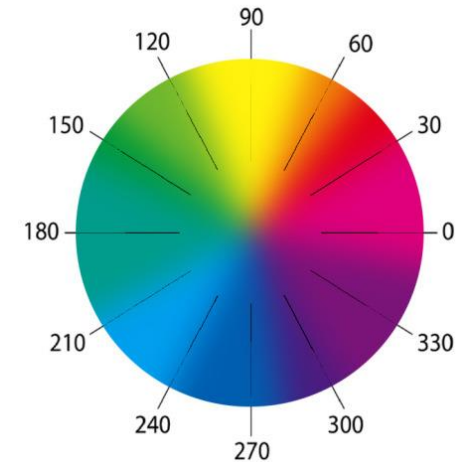
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Color

Delta cercanía de los colores de las mezclas masas crudas y horneadas respecto a los estándar 100 % de harina de trigo, alforfón y arroz

Composición harinas (%)		MASAS CRUDAS				MASAS HORNEADAS			
		MUESTRAS PATRONES			Ángulo del tono cromático	MUESTRAS PATRONES			Ángulo del tono cromático
		Trigo ΔE (L*a*b*)	Alforfón ΔE (L*a*b*)	Arroz ΔE (L*a*b*)		Trigo ΔE (L*a*b*)	Alforfón ΔE (L*a*b*)	Arroz ΔE (L*a*b*)	
Alforfón	100	8,30	0,00	12,81	77,52	21,72	0,00	6,87	80,77
Arroz	100	15,76	12,81	0,00	89,31	23,43	6,87	0,00	86,53
Trigo	100	0,00	8,30	15,76	80,00	0,00	21,72	23,43	76,21
Trigo	50	11,00	12,81	24,87	71,08	12,34	21,89	19,93	76,78
Alforfón	50								
Trigo	60	11,15	13,45	25,36	72,26	11,25	19,40	17,70	78,27
Alforfón	40								
Trigo	70	9,78	12,27	24,03	73,72	9,83	16,86	15,92	79,98
Alforfón	30								
Trigo	80	7,89	10,80	22,25	75,29	7,38	16,37	16,66	80,39
Alforfón	20								
Trigo	90	4,58	6,99	17,95	78,26	4,08	17,70	19,46	78,43
Alforfón	10								
Arroz	50	9,82	2,81	10,24	79,64	23,02	6,25	2,09	79,55
Alforfón	50								
Arroz	60	10,65	4,10	9,07	80,15	21,65	6,54	2,77	78,87
Alforfón	40								
Arroz	70	10,79	4,81	8,22	82,05	19,66	5,79	4,09	80,13
Alforfón	30								
Arroz	80	11,70	6,50	6,50	82,64	17,98	8,78	6,09	80,01
Alforfón	20								
Arroz	90	13,38	8,99	4,08	84,90	24,48	5,53	2,37	85,14
Alforfón	10								
Maíz	50	3,91	11,97	17,06	82,67	20,35	7,72	3,46	83,69
Alforfón	50								

$$H^* = \arctg \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$



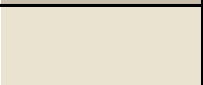
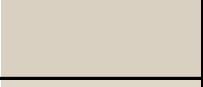
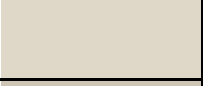
$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{0,5}$$

---- cercano al estándar

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Color

MASAS CRUDAS					
Composición (%)		Espacio Cielab			R G B
		L*	a*	b*	
Alforfón	100	77,59	2,21	9,98	
Arroz	100	90,19	-0,12	9,90	
Trigo	100	77,22	3,21	18,20	
Trigo Alforfón	50 50	66,70	5,45	15,90	
Trigo Alforfón	60 40	66,37	5,34	16,70	
Trigo Alforfón	70 30	67,70	4,88	16,71	
Trigo Alforfón	80 20	69,54	4,42	16,83	
Trigo Alforfón	90 10	73,48	3,23	15,55	
Arroz Alforfón	50 50	80,15	1,64	8,96	
Arroz Alforfón	60 40	81,36	1,48	8,55	
Arroz Alforfón	70 30	82,16	1,23	8,81	
Arroz Alforfón	80 20	83,90	1,14	8,83	
Arroz Alforfón	90 10	86,38	0,78	8,76	
Maíz Alforfón	50 50	80,15	1,64	8,96	

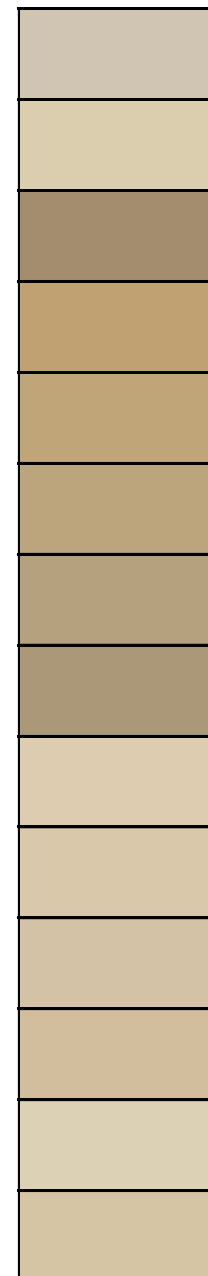
Alforfón	100		
Arroz	100		
Trigo	100		
Trigo Alforfón	50 50		
Trigo Alforfón	60 40		
Trigo Alforfón	70 30		
Trigo Alforfón	80 20		
Trigo Alforfón	90 10		
Arroz Alforfón	50 50		
Arroz Alforfón	60 40		
Arroz Alforfón	70 30		
Arroz Alforfón	80 20		
Arroz Alforfón	90 10		
Maíz Alforfón	50 50		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Color

MASAS HORNEADAS					
Composición (%)		Espacio Cielab			R G B
		L*	a*	b*	
Alforfón	100	79,65	1,78	10,95	
Arroz	100	83,08	1,02	16,86	
Trigo	100	60,20	4,93	20,08	
Trigo Alforfón	50 50	68,44	6,83	29,06	
Trigo Alforfón	60 40	69,18	5,57	26,83	
Trigo Alforfón	70 30	69,20	4,23	23,96	
Trigo Alforfón	80 20	67,32	3,65	21,55	
Trigo Alforfón	90 10	63,92	3,85	18,80	
Arroz Alforfón	50 50	82,81	2,99	16,20	
Arroz Alforfón	60 40	81,57	3,34	17,00	
Arroz Alforfón	70 30	79,45	2,89	16,63	
Arroz Alforfón	80 20	78,11	3,42	19,44	
Arroz Alforfón	90 10	83,77	1,24	14,60	
Maíz Alforfón	50 50	80,30	2,06	18,64	

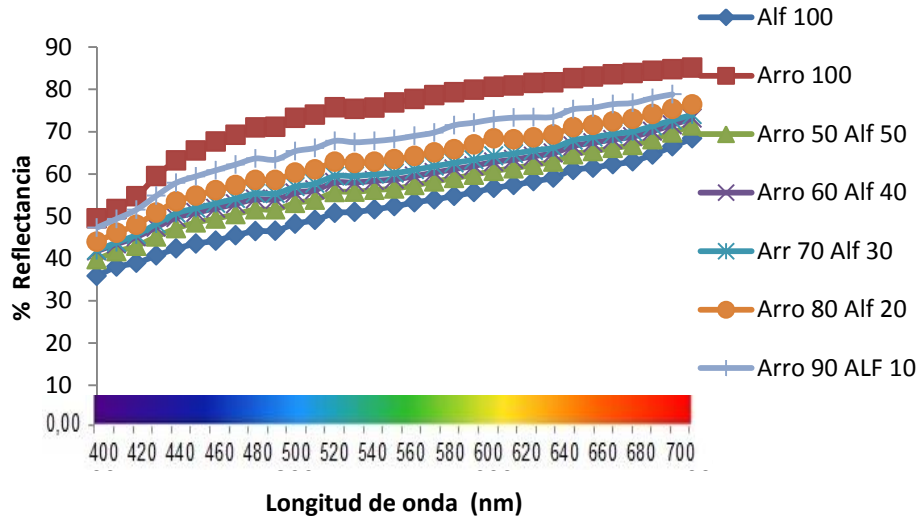
Alforfón	100
Arroz	100
Trigo	100
Trigo Alforfón	50 50
Trigo Alforfón	60 40
Trigo Alforfón	70 30
Trigo Alforfón	80 20
Trigo Alforfón	90 10
Arroz Alforfón	50 50
Arroz Alforfón	60 40
Arroz Alforfón	70 30
Arroz Alforfón	80 20
Arroz Alforfón	90 10
Maíz Alforfón	50 50



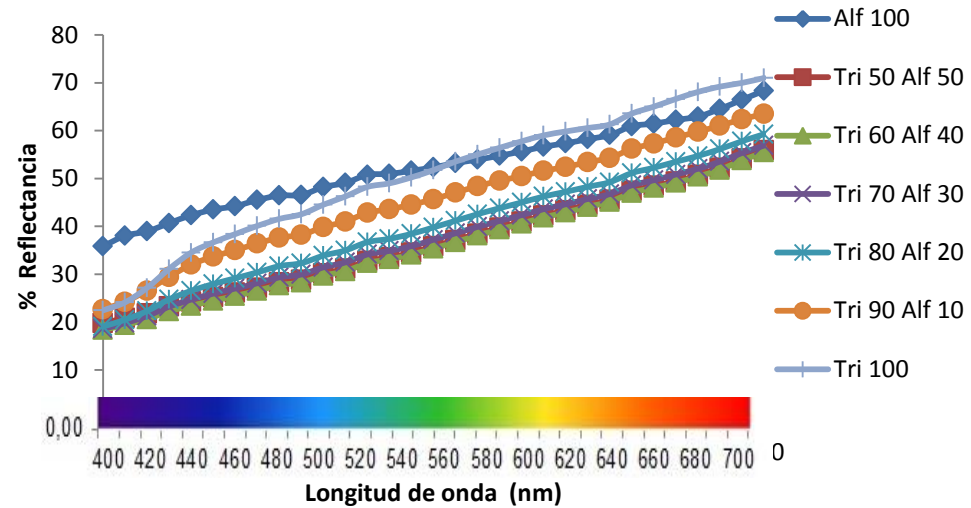
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Color

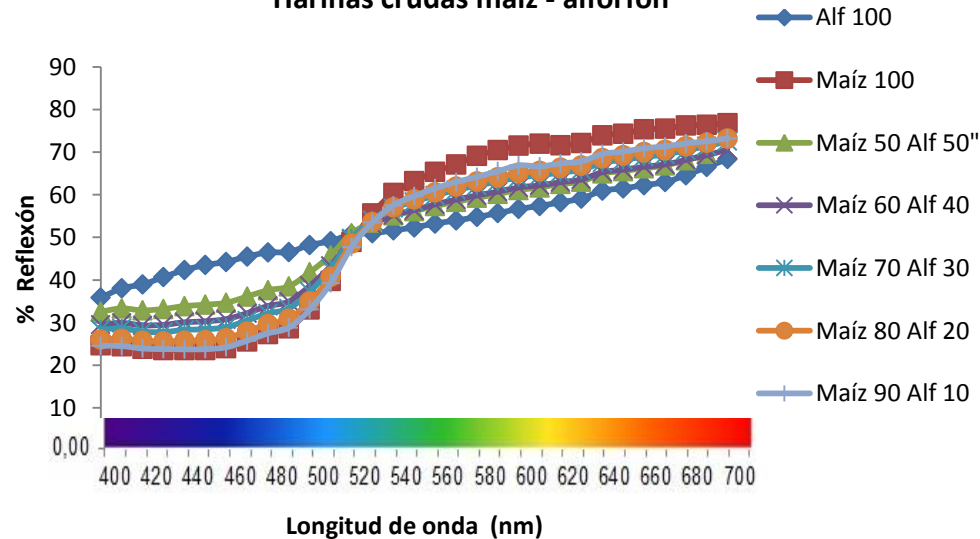
Masas crudas arroz - alforfón



Masas crudas trigo - alforfón



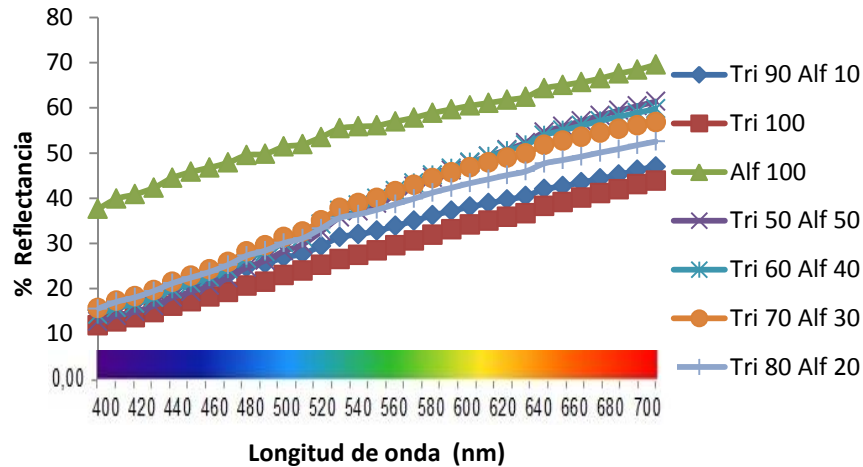
Harinas crudas maíz - alforfón



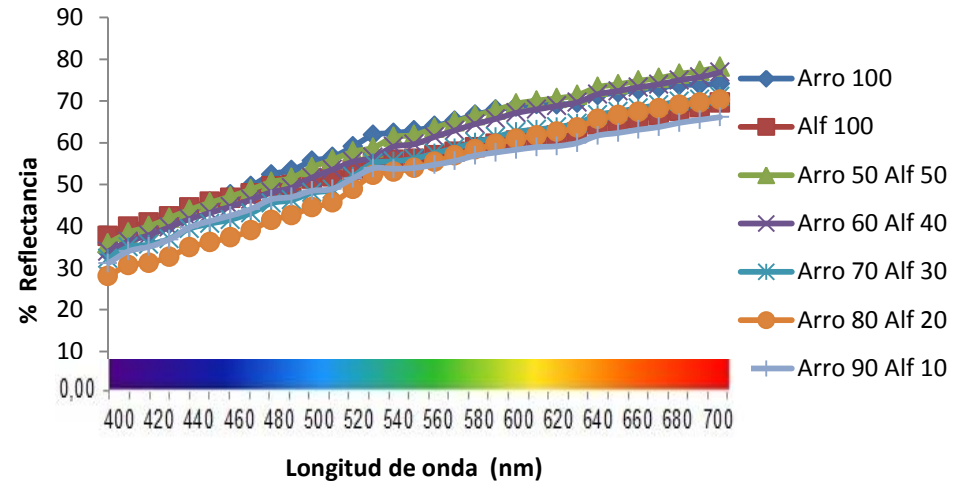
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas : Color

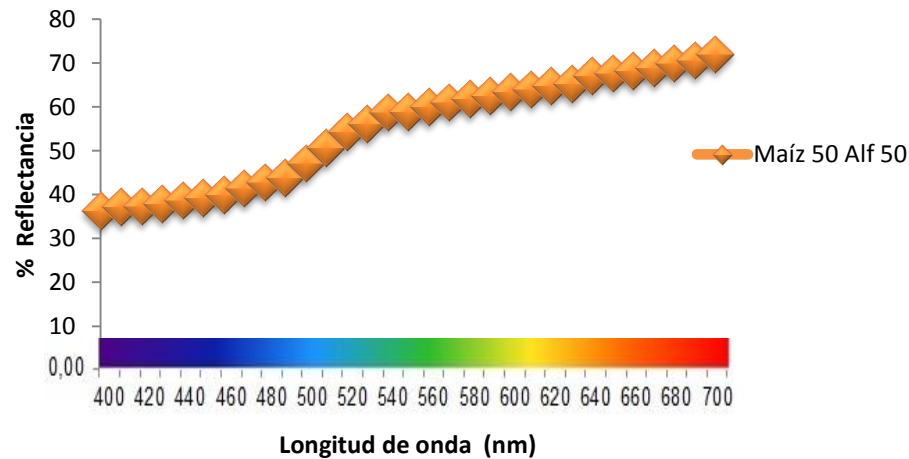
Masas horneadas trigo - alforfón



Masas horneadas arroz - alforfón



Masa horneada maíz - alforfón



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Químicas : Análisis proximal

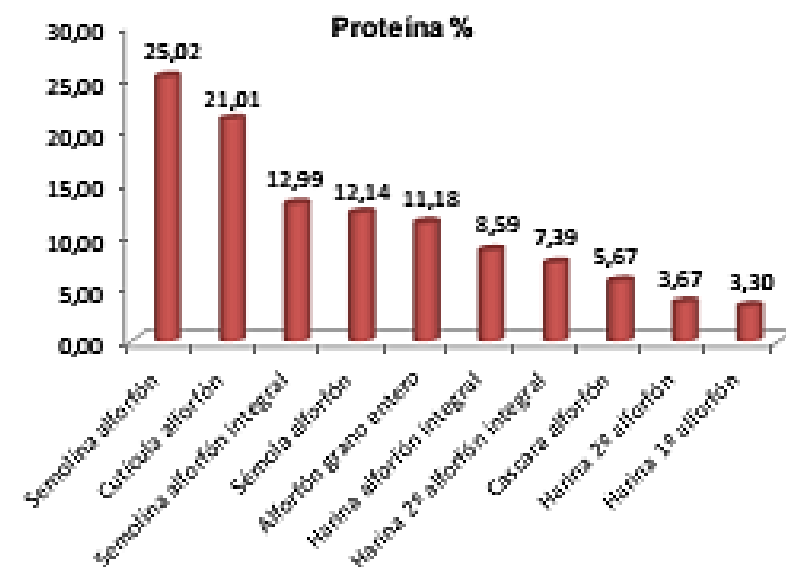
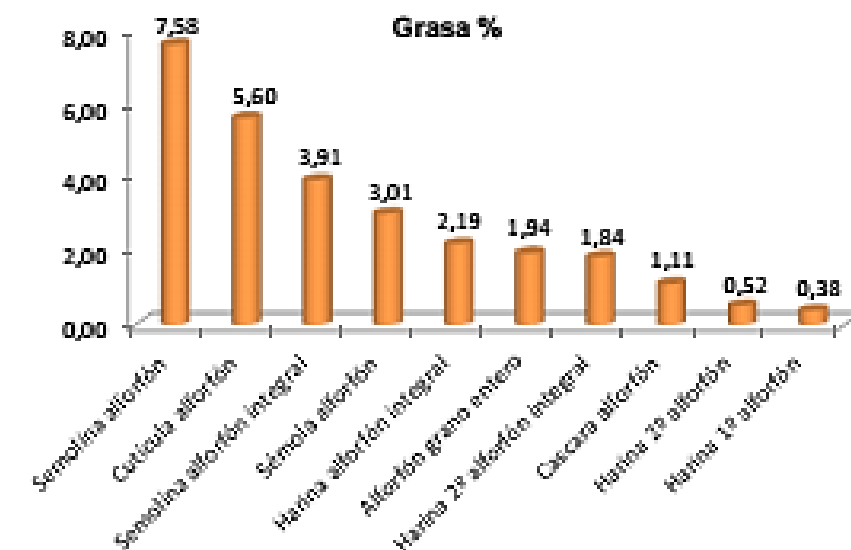
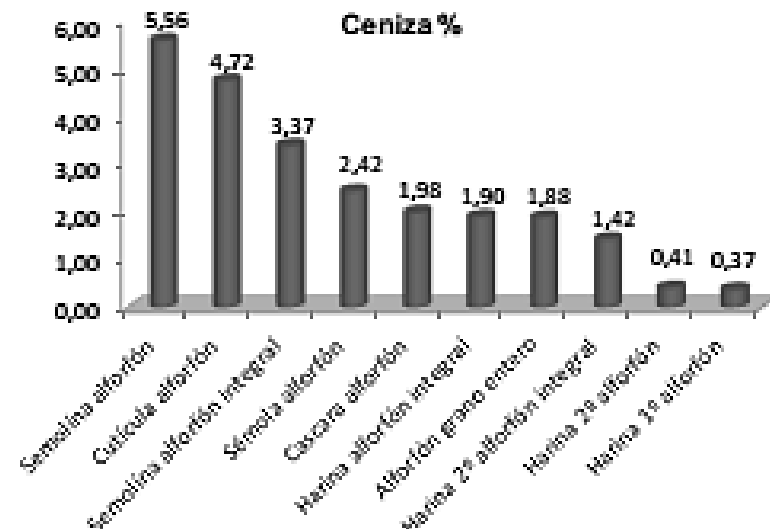
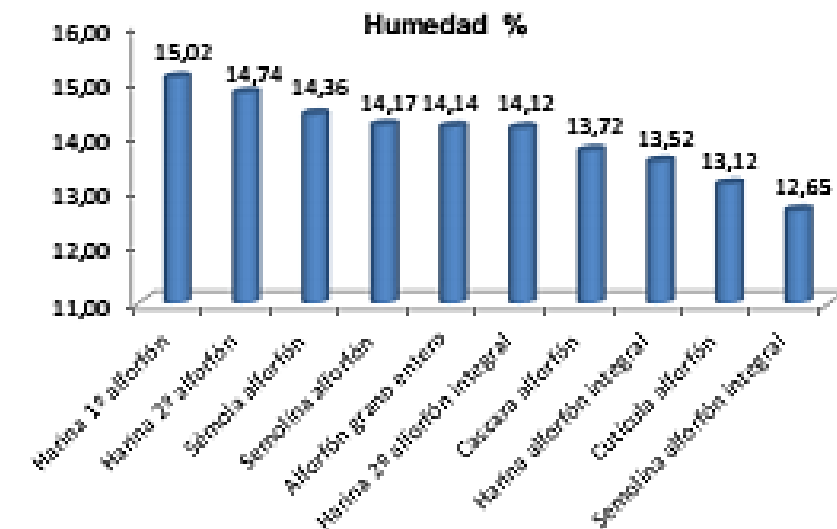
Nombre muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibra dietaria (%)	Carbohidratos disponibles*	Kcal / 100g
Alforfón grano entero	14.14	1.88	1.94	11.18	20.22	50.64	264.76

Composición proximal de fracciones de harina de alforfón y estructuras

Nombre muestra	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
Cáscara alforfón	13,72	1,98	1,11	5,67
Cutícula alforfón	13,12	4,72	5,60	21,01
Sémola alforfón	14,36	2,42	3,01	12,14
Semolína alforfón	14,17	5,56	7,58	25,02
Semolína alforfón integral	12,65	3,37	3,91	12,99
Harina 1º alforfón **	15,02	0,37	0,38	3,30
Harina 2º alforfón **	14,74	0,41	0,52	3,67
Harina 2º alforfón integral	14,12	1,42	1,84	7,39
Harina alforfón integral	13,52	1,90	2,19	8,59

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Químicas : Análisis proximal



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

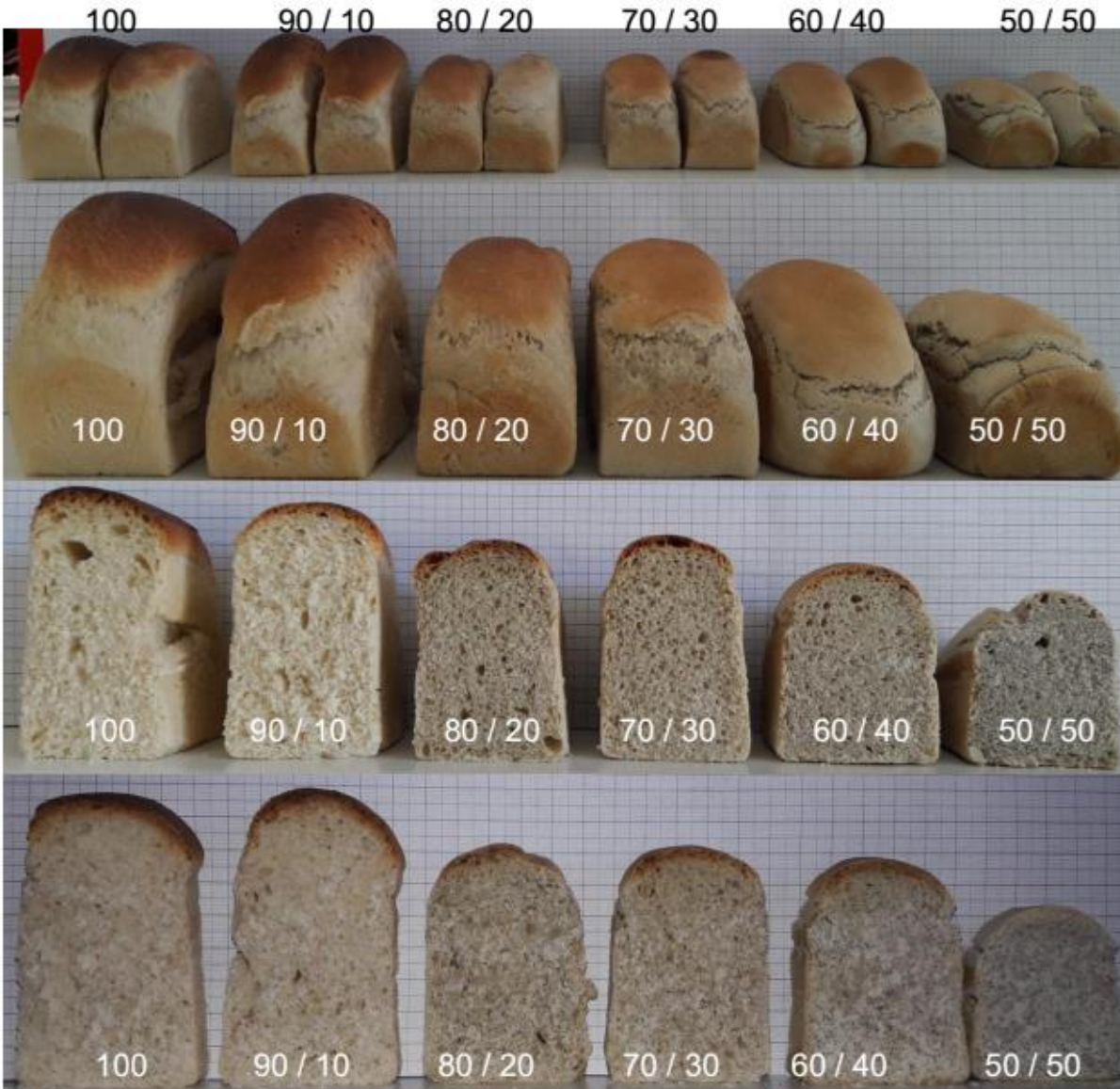
Análisis estadístico

VARIABLE 1 Alveógrafo	VARIABLE 2 Instron	R Pearson	p-valor	
-	-	1	0	Correlación perfecta
Extensibilidad	Fuerza máxima	0,97	0	Correlación positiva ambas variables incrementan o disminuyen en el mismo sentido
Extensibilidad	Pendiente	0,96	0	
Fuerza máxima	Elasticidad	0,96	0	
Elasticidad	Pendiente	0,95	0	
Extensibilidad	Dureza	0,92	0,01	
Elasticidad	Dureza	0,91	0,01	
Fuerza panadera	Pendiente	0,87	0,02	
Configuración de la curva	Fuerza máxima	-0,9	0,01	Correlación negativa ambas variables incrementan o disminuyen en sentido opuesto

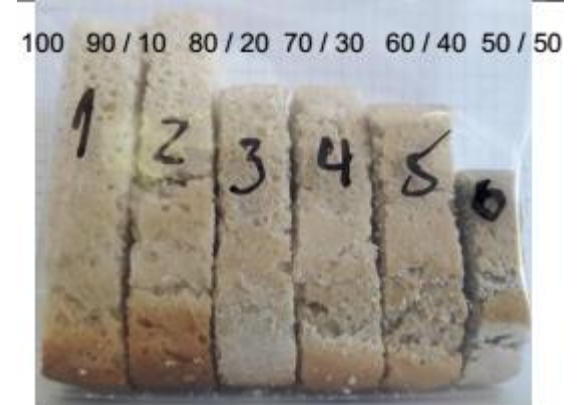
Existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panificación experimental estandarizada



Volumen y cortes de los panes



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panificación experimental estandarizada



Tostado y coloración de los panes

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panificación experimental estandarizada

Muestra experimental entera

Muestra experimental	Dimensiones (mm)			Textura	Color		Forma	Irregularidades	Observaciones generales
	Largo	Ancho	espesor		Tablas Munsell Superior	Lados			
100 % Trigo (estándar)	129,79 126,16	86,72 80,75	45,33 45,87	Rugosa en la corteza se parte en el centro, dorado en la parte superior	7.5YR 3/4 7.5YR 5/6	5Y 9/2 5Y 9/2	Trapezoidal alargado	El segundo está más dorado que el primero	Mayor volumen que los demás similar a la muestra 90/10
90% Trigo 10 % Alforfón	124,29 122,16	84,41 85,66	46,73 48,80	Rugosa en la parte superior, lisa parte inferior	7.5YR 5/4 7.5YR 5/4	5Y 9/2 5Y 9/2	Trapezoidal alargado	Partido en la parte lateral	Gran volumen similar a estándar incluso uno de ellos levemente superior
80% Trigo 20 % Alforfón	123,44 122,73	71,02 71,32	46,44 45,80	Rugoso con pequeños orificios partiduras en parte superior	2.5YR 9/2 10YR 6/4	5Y 9/2 5Y 9/2	Trapezoidal alargado	Uno es más tostado que el otro	Disminuye el volumen respecto al anterior
70% Trigo 30 % Alforfón	122,19 123,88	69,82 72,59	47,16 46,82	Rugosa con partiduras en los lados parte superior lisa	2.5YR 9/2 2.5YR 6/4	2.5Y 9/2 2.5Y 9/2	Trapezoidal alargado	Uno de los panes tiene una aureola de tostado en la parte superior	Disminución del volumen respecto al anterior
60% Trigo 40 % Alforfón	117,03 114,65	62,45 67,43	49,07 48,85	Liso en la parte superior y partido en las caras laterales	10YR 7/6 10YR 7/6	5Y 9/2 5Y 9/2	Trapezoidal alargado	La coloración en la parte superior es opaca en cambio en la parte inferior y lados más tostado	Disminuye volumen respecto al anterior Y es el que tiene mayor homogeneidad en color
50% Trigo 50 % Alforfón	116,48 117,31	52,56 57,03	47,30 47,18	Muy rugoso con bifurcaciones profundas y grandes grietas	2.5YR 9/2 2.5YR 9/2	5Y 8/2 5Y 8/2	Trapezoidal alargado casi un cubo alargado	La coloración es blanca opaca similar a la ceniza más tostado la parte superior está más tostado	Menor volumen de todos los panes y el más agrietado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panificación experimental estandarizada

Muestra experimental análisis del corte

Muestra Experimental Análisis Corte	Dimensiones (mm)			Textura	Color Tablas Munsell	Forma	Miga	alveolos tamaño (mm)	Espesor corteza	Descripción corte
	Largo	Ancho	espesor							
100 % Trigo (estándar)	59,81	85,38	46,40	Rugosa áspera con alveolos grandes y dispersos corteza gruesa	5YR 9/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Blanda esponjosa	Dispersos e irregulares	4,04	Se observa la corteza gruesa en la parte superior y el corte fácil de hacer blando
	63,50	85,07	46,30		5YR 9/2			11,42 6,45	4,75	
90% Trigo 10 % Alforfón	57,76	81,80	44,40	Rugoso con alveolos más dispersos y pequeños textura áspera corteza más delgada	5YR 9/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Blanda esponjosa	Dispersos en la masa	3,83	Corteza en la parte superior más gruesa corte blando
	62,17	79,13	44,80		5YR 9/2			3,53 4,59	3,21	
80% Trigo 20 % Alforfón	62,70	70,77	44,50	Textura menos áspera alveolos más pequeños textura más compacta	5YR 8.5/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Más dura que anterior y menos elástica , mayor firmeza	Mas regulares de tamaño pequeño 2,74	3,59	Minima corteza solo parte superior textura el corte opone más resistencia
	57,26	68,40	45,14		5YR 8.5/2				3,30	
70% Trigo 30 % Alforfón	58,73	71,07	46,40	Textura menos áspera y más lisa alveolos pequeños y	5YR 8/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Aumenta la dureza es más firme y menos elástica	homogéneo en forma y tamaño 4,40 – 4,40	3,51	La dureza al corte se incrementa en comparacional anterior
	63,02	70,77	46,32		5YR 8/2				3,38	
60% Trigo 40 % Alforfón	59,30	62,65	49,50	Textura más suave uniformidad de	5YR 8/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Poco elástica y muy densa	Alveolo compacto y pequeño 2,40- 2,71	2,40	Corteza de poco espesor corte más duro
	55,27	62,17	50,70		5YR 8/2				2,71	
50% Trigo 50 % Alforfón	57,85	55,54	48,09	Textura arenosa suave alveolo más suave uniformidad de	5YR 8/2	Rectangular semicírculo en parte superior	Poco elástica y muy densa	Uniformes y poco dispersos de tamaño mínimo 2,0 - 2,01	2,40	Corteza de poco espesor corte más duro
	55,27	62,17	47,71		5YR 8/2				2,71	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panificación experimental estandarizada

Muestra experimental análisis sensorial

Muestra Experimental Análisis sensorial	Textura al tacto Compacidad: resistencia a la presión ejercida sobre la miga con el dedo. Elasticidad: Capacidad de recuperación de la forma original tras eliminar la presión ejercida con el dedo	Textura en la boca Humedad: cantidad de humedad percibida en la superficie del producto cuando está en contacto con la cavidad bucal. Adhesividad: Fuerza requerida para quitar la muestra completamente del paladar con la lengua durante la ingesta Cohesividad: capacidad de la miga de mantenerse unida tras la mordida	Apariencia	Olor	Flavor	Color
100 % Trigo (estándar)	Compacidad: tiene poca resistencia la miga se desgrana y se hunde Elasticidad: es muy elástica vuelve a su posición	Humedad: Normal a un pan común no es seca Adhesividad: no necesita ejercer fuerza para retirar Cohesividad: no se mantiene unida se rompe con facilidad	Lisa bien cocida Blanda y suave	Olor a pan normal natural y equilibrado nada raro	Blando y homogéneo al tacto no se percibe agradable al degustar	Blanca como el pan común color tostado dorado natural en la superficie
90% Trigo 10 % Alforfón	Compacidad: no opone resistencia la miga es casi como el estándar Elasticidad: no opone resistencia similar al estándar	Humedad: se percibe normal y nada extraño Adhesividad: no requiere aplicar fuerza se despega fácil Cohesividad: leve pero no se desarma	blanda y suave similar a estándar	Leve olor a levadura poco intenso	Blanco homogéneo al masticar no invasivo	Muy similar al estándar pero levemente más oscuro
80% Trigo 20 % Alforfón	Compacidad: comienza a percibirse una leve resistencia a la presión Elasticidad: se aprecia una pérdida en la elasticidad	Humedad: menos humedad que anterior Adhesividad: no se percibe adhesión se despega fácil Cohesividad: se mantiene unida no se desarma	Conserva pequeñas grietas volumen un poco menor a anterior	Natural leve olor a levadura	Desarrolla un poco más el sabor a alforfón	Denota un color un poco más oscuro al anterior
70% Trigo 30 % Alforfón	Compacidad: se incrementa la resistencia a la presión se vuelve un poco más duro Elasticidad: disminución de la elasticidad respecto al anterior	Humedad: consistencia un poco seca al paladar Adhesividad: no se requiere fuerza no se pega al paladar Cohesividad: se mantiene unida	Presencia de grietas visibles miga un poco densa disminución del volumen	Se percibe un aroma más notorio alforfón	Más ácido con corteza crujiente pero agradable	Se aprecia un color más oscuro color ceniza
50% Trigo 50 % Alforfón	Compacidad: se percibe máxima resistencia a la presión Elasticidad: ninguna elasticidad	Humedad: pan seco textura arenosa Adhesividad: se adhiere un poco al paladar Cohesividad: se mantiene unida no se desarma	Es un pan sin volumen y miga densa pero suave al tacto	Marcado sabor a alforfón intenso pero agradable	Marcado sabor a alforfón textura un poco arenosa pan denso y más duro	Muy oscuro característico de alforfón color ceniza

CONCLUSIONES

Los análisis reológicos y mecánicos indicaron que las pruebas se deben realizar hasta un máximo del 50 % de alforfón debido a que un porcentaje mayor no permite la panificación ni mediciones en alveógrafo, descartándose a su vez las mezclas con maíz y arroz.

Se detectaron las mayores concentraciones de minerales, lípidos y proteínas en la semolína y cutícula de alforfón y los que presentaron las menores concentraciones fueron la harina de primera y harina de segunda.

Se confirmó que una proporción superior de alforfón incrementa la dureza del pan y disminuye la esponjosidad y volumen de la masa, estableciéndose diferencias notorias en las cualidades organolépticas de las muestras, por lo tanto se sugiere una concentración máxima del 10 % de alforfón para obtener una panificación similar al estándar de trigo y en concentraciones superiores con un límite de 50 % se observan deficiencias en cuanto a volumen y dureza.

CONCLUSIONES

El análisis estadístico significativo indicó una alta correlación positiva entre extensibilidad - fuerza máxima con $r = 0,97$ y los únicos valores significativos con correlación negativa fuerza máxima - configuración de la curva con $r = - 0,9$ y $p = 0,01$.

Se debe potenciar el uso de alforfón en la dieta nacional como un alimento funcional debido a sus múltiples beneficios nutricionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cai, Y.Z., H. Corke, D. Wang and W.D. Li. 2016. The legumes and pseudocereals, buckwheat overview. pp: 307-315. In: C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman and J. Faubion. (Eds.). Encyclopedia of food grains. Vol.1. (2nd. ed.). Elsevier. Oxford, UK.
2. Miyake, K., R. Morita, T. Handoyo, T. Maeda and N. Morita. 2004. Characteristics of graded buckwheat flours and functional properties of germinated buckwheat. In: I. Faberová, V. Dvořáček, P. Čepková, I. Hon, V. Holubec and Z. Stehno (Eds.). Proceedings of the 9th international symposium on buckwheat, August 18-22, 2004. University of Agriculture Prague – Suchbátka. Prague, Czech Republic.
3. Wijngaard, H.H., S. Renzetti and E.K. Arendt. 2007. Microstructure of buckwheat and barley during malting observed by confocal scanning laser microscopy and scanning electron microscopy. J. Inst. Brew. 113(1): 34-41.

AGRADECIMIENTOS :

Proyecto Polo territorial de desarrollo de ingredientes funcionales y aditivos, a partir de granos ancestrales, para la industria alimentaria mundial. PYT-2017-0495



Fondo de
Inversión Estratégica



Por su atención muchas gracias

