



UNIVERSIDAD DE
CONCEPCIÓN
CAMPUS CHILLAN



TESIS

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y NUTRICIONALES DE INSUFLADO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var. INIA Roja

Franklyn E. Zapana Yucra

CHILLAN – CHILE
2019

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN



Universidad de Concepción

NUEVA TENDENCIA



Alimentación saludable

Involucren



Capítulo 2. CONDICIONES DE PROCESO



Universidad de Concepción

Cañón expansor



Metodología

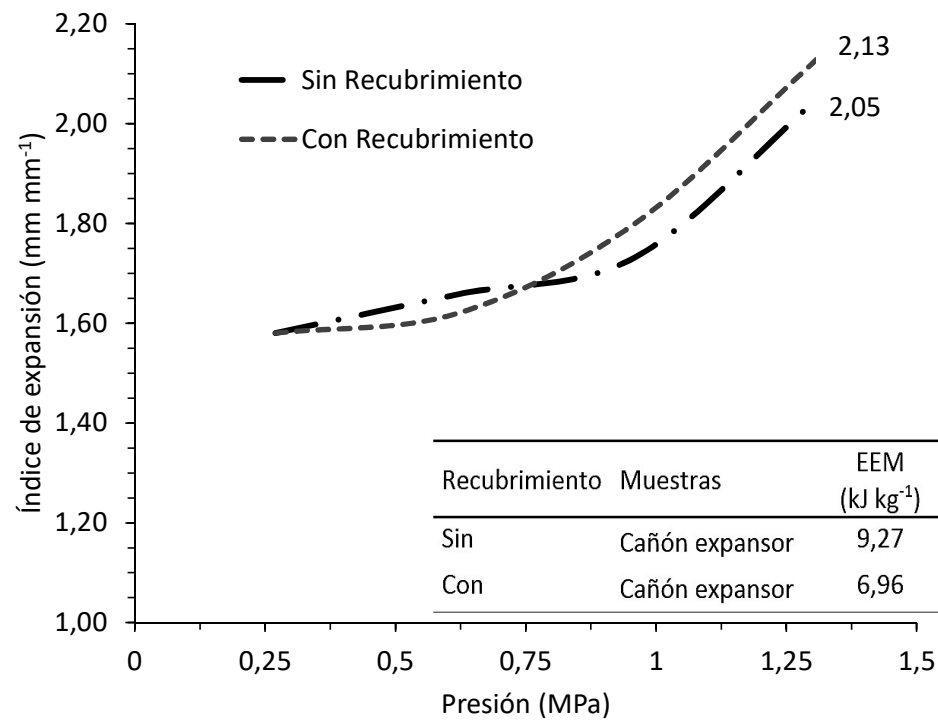


Figura 1. Expansión de granos de quinua con y sin recubrimiento a humedad 20% bh tratados mediante cañón expansor en función de la presión de operación

Resultados



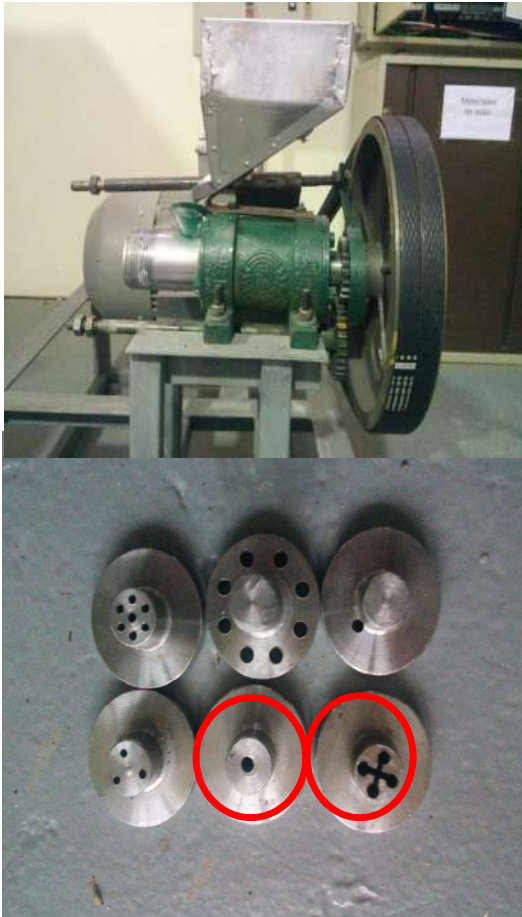
Producto

Capítulo 2. CONDICIONES DE PROCESO



Universidad de Concepción

Extrusor



Metodología

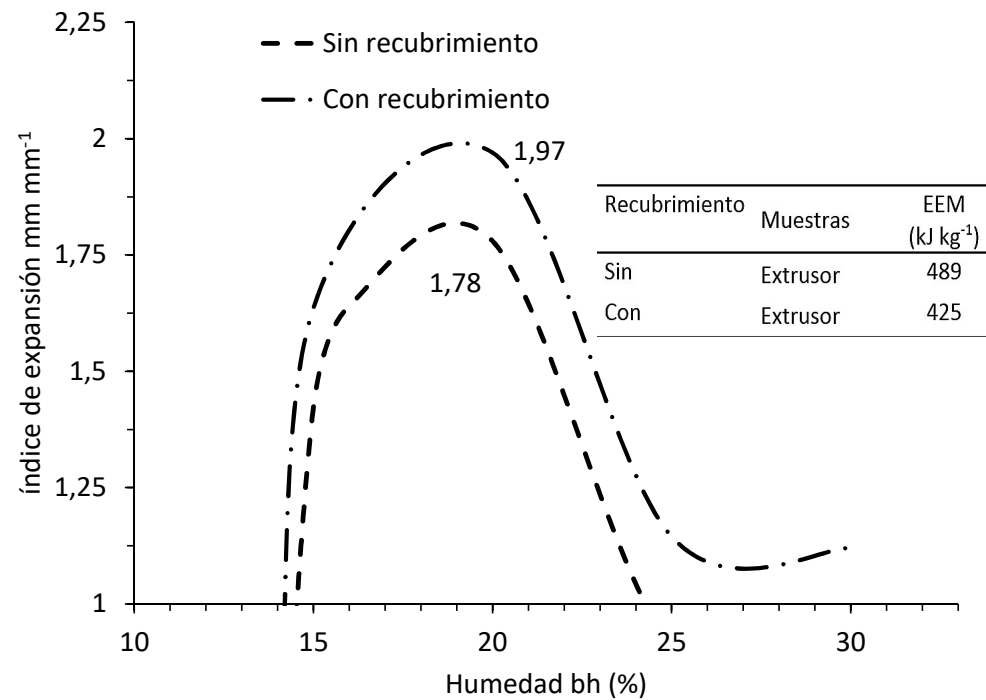


Figura 2. Expansión de granos de quinua con y sin recubrimiento tratados mediante extrusor de tornillo simple en función de la humedad.

Resultados



Producto



Microondas

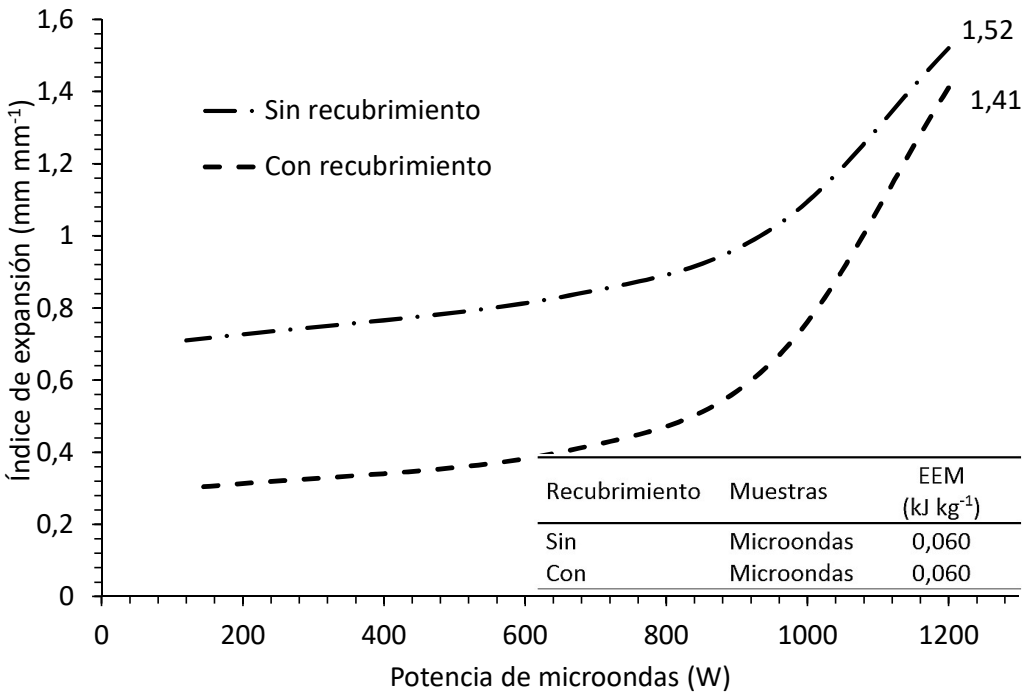
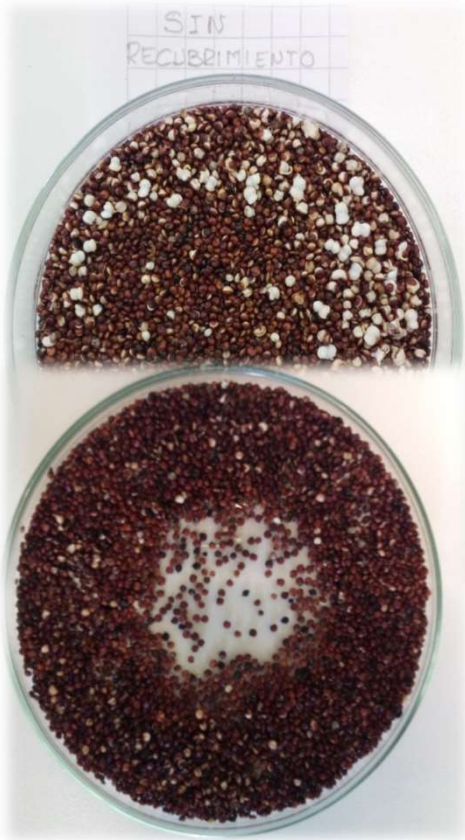


Figura 3. Expansión de granos de quinua con y sin recubrimiento tratados mediante horno de microondas en función de la potencia.



Metodología

Resultados

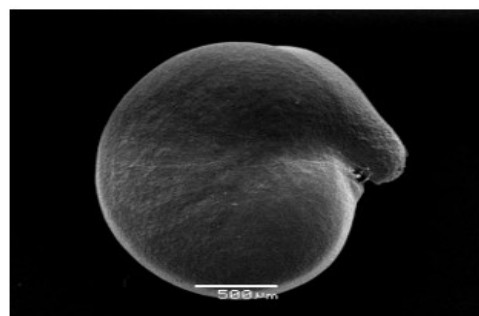
Producto

Módulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO

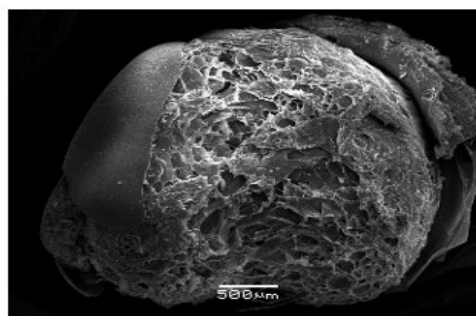


Universidad de Concepción

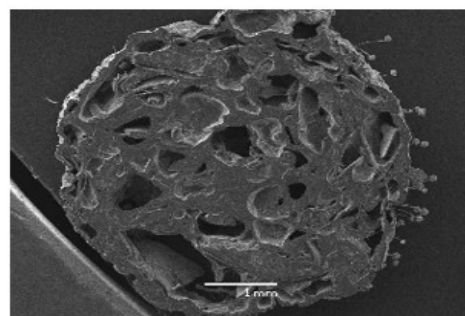
Forma y tamaño



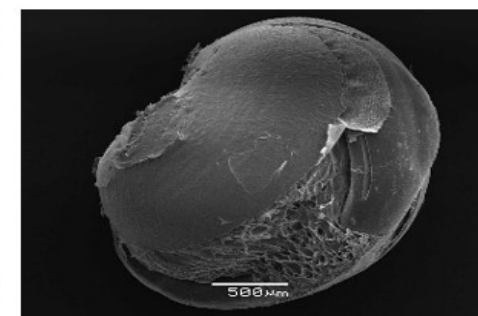
A



B



C



D

Figura 4. Microfotografías de insuflados de quinua: (A) Materia prima, (B) Cañón expansor, (C) Extrusor y (D) microondas

Tabla 1. Tamaño de granos de quinua (cruda) e insuflados sin recubrimiento

Muestras	D. Mayor (mm)	D. Menor (mm)	Espesor (mm)	D. geométrico (mm)	Excentricidad (-)
Materia prima	$1,9 \pm 0,2^a$	$1,8 \pm 0,09^a$	$1,1 \pm 0,21^a$	$1,6 \pm 0,14^a$	$0,29 \pm 0,12^a$
Microondas	$2,5 \pm 0,3^b$	$2,5 \pm 0,55^b$	$2,2 \pm 0,78^b$	$2,4 \pm 0,51^b$	$0,37 \pm 0,15^b$
Cañón expansor	$2,9 \pm 0,4^c$	$3,7 \pm 0,48^c$	$3,1 \pm 0,32^c$	$3,2 \pm 0,29^c$	$0,57 \pm 0,18^c$
Extrusor				$4,8 \pm 0,18^d$	

Tabla 2. Tamaño de granos de quinua (cruda) e insuflados con recubrimiento

Muestras	D. Mayor (mm)	D. Menor (mm)	Espesor (mm)	D. geométrico (mm)	Excentricidad (-)
Materia prima	$1,9 \pm 0,14^a$	$2,0 \pm 0,27^a$	$1,2 \pm 0,22^a$	$1,7 \pm 0,14^a$	$0,3 \pm 0,204^a$
Microondas	$2,3 \pm 0,72^b$	$2,3 \pm 0,49^b$	$2,3 \pm 1,04^b$	$2,2 \pm 0,58^b$	$0,45 \pm 0,246^b$
Cañón expansor	$3,1 \pm 0,30^c$	$3,8 \pm 0,32^c$	$3,2 \pm 0,35^c$	$3,3 \pm 0,21^c$	$0,57 \pm 0,139^c$
Extrusor				$5,2 \pm 0,57^d$	

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO



Universidad de Concepción

Densidad

Tabla 3. Densidades y porosidad de quinua (cruda) e insuflados sin recubrimiento

Tratamiento	Densidad aparente (kg m ⁻³)	Densidad real (kg m ⁻³)	Porosidad
Materia Prima	804 ± 7,46 ^d	1259 ± 20,36 ^d	0,36 ± 0,01 ^a
Cañón expansor	95,8 ± 3,16 ^a	218 ± 13,61 ^a	0,56 ± 0,04 ^b
Extrusor	237 ± 4,78 ^b	859 ± 37,57 ^b	0,72 ± 0,01 ^c
Microondas	475 ± 3,51 ^c	1039 ± 39,58 ^c	0,54 ± 0,01 ^b

Tabla 4. Densidades y porosidad de quinua (cruda) e insuflados con recubrimiento

Muestras	Densidad aparente (kg m ⁻³)	Densidad real (kg m ⁻³)	Porosidad
Materia Prima	691 ± 0,82 ^d	1264 ± 13,59 ^c	0,45 ± 0,01 ^a
Cañón expansor	107 ± 0,31 ^a	238 ± 21,99 ^a	0,55 ± 0,04 ^b
Extrusor	132 ± 1,53 ^b	286 ± 9,59 ^a	0,54 ± 0,02 ^b
Microondas	600 ± 16,20 ^c	1039 ± 39,6 ^b	0,42 ± 0,01 ^a

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO



Universidad de Concepción

Color

Tabla 5. Valores de color de quinua (cruda) e insuflados sin recubrimiento

Muestras	Coordenadas colorimétricas					ΔE^*
	L*	a*	b*	C*	h°	
Materia Prima	24,9 ± 0,3 ^a	15,9 ± 0,6 ^c	14,5 ± 1,1 ^{bc}	21,5 ± 1,2 ^c	42,4 ± 1,2 ^a	-
Cañón expansor	42,1 ± 2,3 ^b	6,2 ± 0,3 ^a	16,3 ± 1,0 ^c	17,5 ± 1,1 ^b	69,1 ± 0,5 ^b	19,8 ± 1,9
Extrusor	43,6 ± 3,0 ^b	5,4 ± 0,4 ^a	12,6 ± 0,8 ^{ab}	13,7 ± 0,9 ^a	67,0 ± 0,6 ^b	21,6 ± 2,2
Microondas	34,1 ± 7,5 ^{ab}	10,3 ± 2,2 ^b	11,7 ± 1,3 ^a	15,7 ± 0,7 ^{ab}	49,0 ± 8,8 ^a	1,8 ± 6,4

Tabla 6. Valores de color de quinua (cruda) e insuflados con recubrimiento

Muestras	Coordenadas colorimétricas					ΔE^*
	L*	a*	b*	C*	h°	
Materia prima	27,9 ± 1,2 ^a	12,7 ± 0,1 ^c	12,1 ± 0,9 ^a	17,6 ± 0,8 ^{ab}	43,5 ± 1,6 ^b	-
Cañón expansor	43,9 ± 1,1 ^b	7,5 ± 0,1 ^{ab}	18,3 ± 1,1 ^c	19,8 ± 0,1 ^b	67,7 ± 0,2 ^b	17,9 ± 1,1
Extrusor	47,1 ± 0,9 ^b	6,0 ± 0,2 ^a	13,9 ± 0,3 ^b	15,1 ± 0,4 ^a	66,7 ± 0,3 ^b	20,4 ± 0,9
Microondas	31,7 ± 8,8 ^a	11,5 ± 3,3 ^{bc}	12,1 ± 0,4 ^a	16,8 ± 2,0 ^a	47,2 ± 9,4 ^a	1,5 ± 0,1

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO



Universidad de Concepción

Índice de adsorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA)

Tabla 7. Valores de color de quinua (cruda) e insuflados sin recubrimiento

Muestras	IAA (g/g)	ISA (%)
Materia Prima	$1,91 \pm 0,45^a$	$10,7 \pm 2,5^a$
Cañón expansor	$3,45 \pm 0,02^b$	$40,4 \pm 0,5^d$
Extrusor	$5,27 \pm 0,16^e$	$22,8 \pm 0,2^b$
Microondas	$4,23 \pm 0,02^b$	$7,1 \pm 0,1^a$

Tabla 8. Valores de color de quinua (cruda) e insuflados con recubrimiento

Muestras	IAA (g/g)	ISA (%)
Materia Prima	$4,6 \pm 0,04^a$	$8,9 \pm 0,01^a$
Cañón expansor	$4,84 \pm 0,14^a$	$29,0 \pm 0,4^b$
Extrusor	$4,36 \pm 0,39^a$	$29,0 \pm 0,0^b$
Microondas	$4,11 \pm 0,01^a$	$8,3 \pm 0,1^a$

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO



Universidad de Concepción

Microestructura de quinua (cruda) e insuflada

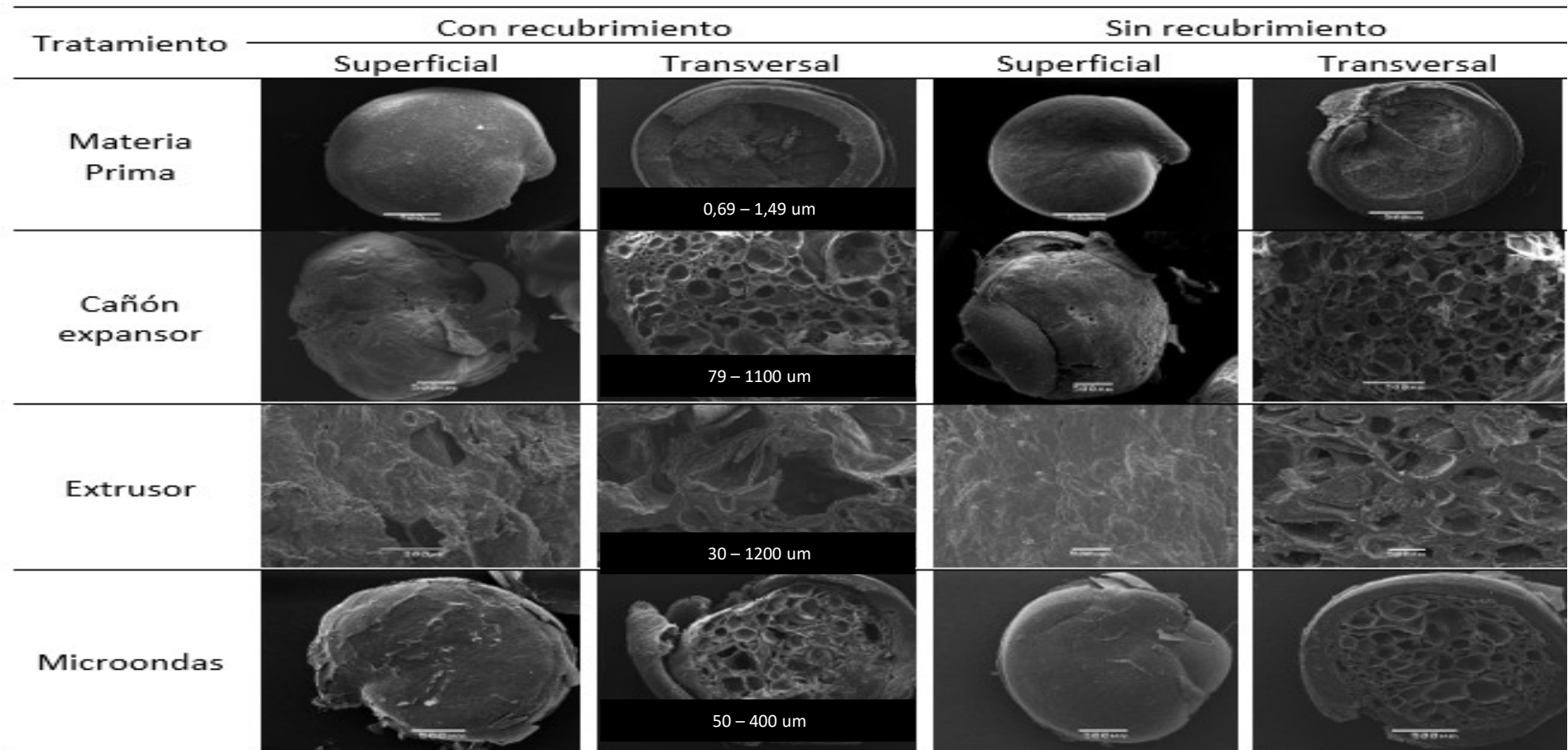


Figura 5. Microestructura de insuflados de quinua variedad Roja INIA, con y sin recubrimiento, procesadas mediante tres tratamientos térmicos (Cañón expansor, Microondas y Extrusor).

Propiedades mecánicas

Tabla 9. Características de textura de materia prima e insuflados sin recubrimiento

Muestras	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación (mm)	Esfuerzo (N m^{-2})	Fuerza máxima (N)
Materia Prima	629 ± 148^c	$0,09 \pm 0,02^a$	$37,28 \pm 70^b$	$64,83 \pm 6,2^a$
Microondas	$26,9 \pm 8,9^b$	$0,21 \pm 0,009^c$	$1,95 \pm 0,1^a$	$6,14 \pm 1,4^a$
Cañón expansor	$17,1 \pm 6,9^a$	$0,15 \pm 0,00^b$	$0,62 \pm 0,2^a$	$3,15 \pm 0,29^a$
Extrusor	230 ± 27^b	$0,29 \pm 0,06^d$	$231,82 \pm 9^c$	2688 ± 433^b

Tabla 10. Características de textura de materia prima e insuflados con recubrimiento

Muestras	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación (mm)	Esfuerzo (N m^{-2})	Fuerza máxima (N)
Materia prima	$820,8 \pm 13,7^b$	$0,08 \pm 0,03^a$	$23,17 \pm 8,4^a$	$53,63 \pm 11,1^a$
Microondas	$20,8 \pm 3,8^a$	$0,20 \pm 0,02^c$	$1,054 \pm 0,17^a$	$3,84 \pm 0,29^a$
Cañón expansor	$19,8 \pm 5,3^a$	$0,15 \pm 0,00^b$	$0,77 \pm 0,11^a$	$4,91 \pm 0,77^a$
Extrusor	$62,7 \pm 17,3^a$	$0,31 \pm 0,01^d$	$79,5 \pm 33,4^b$	$794,36 \pm 94^b$

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO



Universidad de Concepción

Análisis proximal

Tabla 11. Valor nutricional (g/100 g ms) de insuflados de quinua sin recubrimiento

Tratamiento	Humedad	Ceniza	Grasa	Proteína	Carbohidratos
Materia Prima	$7,12 \pm 0,01^b$	$2,40 \pm 0,01^c$	$6,41 \pm 0,14^b$	$12,89 \pm 0,10^b$	$78,30 \pm 0,04^a$
Cañón expansor	$6,99 \pm 0,21^b$	$2,21 \pm 0,02^a$	$6,07 \pm 0,13^b$	$12,07 \pm 0,08^a$	$79,66 \pm 0,19^b$
Extrusor	$10,67 \pm 0,14^c$	$2,32 \pm 0,01^b$	$3,35 \pm 0,03^a$	$12,89 \pm 0,07^b$	$81,44 \pm 0,10^c$
Microondas	$5,17 \pm 0,06^a$	$2,37 \pm 0,01^c$	$6,37 \pm 0,11^b$	$12,91 \pm 0,06^b$	$78,35 \pm 0,17^a$

Tabla 12. Valor nutricional (g/100 g ms) de insuflados de quinua con recubrimiento.

Muestras	Humedad	Ceniza	Grasa	Proteína	Carbohidratos
Materia Prima	$8,34 \pm 0,03^d$	$2,27 \pm 0,01^b$	$4,11 \pm 0,01^a$	$13,22 \pm 0,03^c$	$80,40 \pm 0,01^b$
Cañón expansor	$7,08 \pm 0,05^b$	$2,00 \pm 0,02^a$	$5,13 \pm 0,10^b$	$11,06 \pm 0,11^a$	$81,81 \pm 0,20^c$
Extrusor	$7,99 \pm 0,05^c$	$2,26 \pm 0,01^b$	$4,03 \pm 0,01^a$	$13,28 \pm 0,05^c$	$80,43 \pm 0,07^b$
Microondas	$6,51 \pm 0,04^a$	$2,33 \pm 0,01^c$	$5,46 \pm 0,34^b$	$12,57 \pm 0,22^b$	$79,65 \pm 0,12^a$

Digestibilidad *in vitro* de materia orgánica

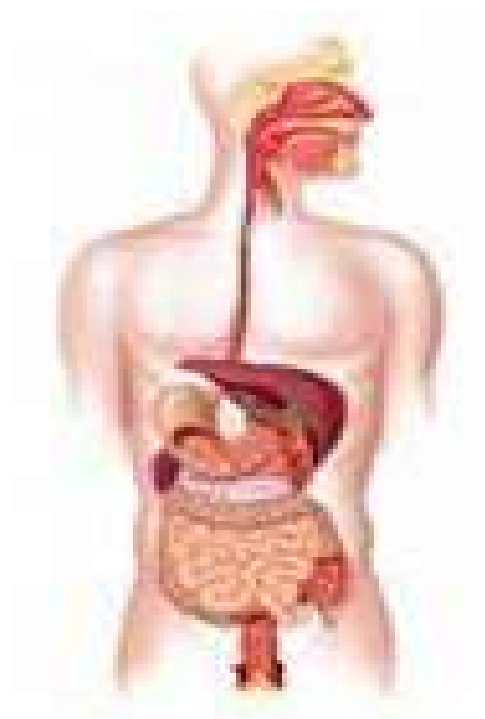


Imagen 1. Sistema digestivo

Tabla 13. Digestibilidad *in vitro* de insuflado de quinua sin recubrimiento

Muestra	DMS (%)	DMO (%)
Materia prima	52,1±1,9 ^b	50,3±1,8 ^b
Cañón expansor	88,6±2,9 ^a	83,3±3,6 ^a
Extrusor	88,0±1,9 ^a	84,0±0,6 ^a
Microondas	86,9±1,6 ^a	83,0±1,1 ^a

Tabla 14. Digestibilidad *in vitro* de insuflado de quinua con recubrimiento

Muestra	DMS (%)	DMO (%)
Cañón expansor	91,1±1,5 ^c	88,0±0,4 ^b
Extrusor	87,9±1,4 ^b	84,2±0,3 ^{ab}
Microondas	80,7±1,0 ^a	79,8±3,9 ^a

DMS: Digestibilidad de materia seca, **DMO:** Digestibilidad de materia orgánica.



Universidad de Concepción

MUCHAS GRACIAS