

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

Facultad de Industrias Alimentarias



**DESARROLLO Y EVALUACION DE UN METODO
AFROSIMETRICO MECANICO PARA LA DETERMINACION
DE SAPONINAS EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

**Tesis para optar el título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

MILKO BALSAMO FASCE

Lima – Perú

2002

ÍNDICE

Resumen

I.	Introducción	1
II.	Revisión de Literatura	4
	2.1. Generalidades de la quinua	4
	2.1.1. Taxonomía	4
	2.1.2. Origen	4
	2.1.3. Descripción botánica	5
	2.1.4. Producción	9
	2.1.5. Rendimientos	9
	2.1.6. Variedades	11
	2.2. Valor nutritivo de la quinua	11
	2.3. Industrialización de la quinua	17
	2.4. Saponinas	20
	2.4.1. Definición	24
	2.4.2. Tipos de saponinas	25
	2.4.3. Propiedades	28
	2.4.3.1. Físicas	28
	2.4.3.2. Químicas	30
	2.4.3.3. Biológicas	30
	2.4.4. Saponinas en quinua	32
	2.4.5. Métodos para la identificación y determinación cuantitativa de saponinas	35
	2.4.5.1. Métodos físicos o afrosimétricos	35
	2.4.5.2. Métodos hemolíticos	36
	2.4.5.3. Métodos biológicos	37
	2.4.5.4. Métodos gravimétricos	37
	2.4.5.5. Método volumétrico	38
	2.4.5.6. Método sensorial	39

	2.4.5.7. Métodos espectrofotométricos	39
	2.4.5.8. Métodos cromatográficos	40
	2.4.6 Factores que afectan la determinación de saponinas	42
	2.5. Mejoramiento genético mediante inducción de mutaciones y el azida de sodio	47
III.	Materiales y Métodos	51
	3.1 Lugares de realización del trabajo	51
	3.2 Materiales y equipos	51
	3.2.1. Material experimental	51
	3.2.2. Equipos e instrumentos	51
	3.2.3. Materiales	52
	3.2.4. Reactivos	52
	3.3 Métodos de análisis	53
	3.3.1. Para la determinación afrosimétrica	53
	3.3.1.1. Protocolo para la lectura de espuma	54
	3.3.2. Para la determinación química cuantitativa de saponinas de quinua	56
	3.4 Metodología experimental	60
	3.4.1. Etapas del trabajo	60
	3.4.1.1 Diseño y desarrollo del equipo agitador	60
	3.4.1.2 Estandarización del método afrosimétrico	60
	3.4.1.3 Correlación entre la altura de espuma (cm) y la concentración de saponinas en solución (mg/ml)	63
	3.4.1.4 Elaboración de la curva de calibración entre altura de espuma y el contenido de saponina para el equipo desarrollado	64
	3.4.1.5 Evaluación semicuantitativa del contenido de saponinas en mutantes de quinua	65
	3.4.2. Diseño experimental	65
	3.4.3. Análisis estadístico	66

ÍNDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1	Superficie cosechada, producción y rendimiento nacionales de quinua cosechada en el Perú en los últimos once años (1989 – 1999).....	10
2	Variedades de quinua cultivadas actualmente en los andes.....	12
3	Composición proximal de la quinua y de los cereales más comunes (% en b.s.).....	13
4	Contenido de amino ácidos en la quinua, arroz y trigo (mg de amino ácido/16 g de nitrógeno)	14
5	Constituyentes minerales de la quinua y los cereales más comunes (mg/100 g materia seca)	16
6	Contenido de saponinas en varias plantas alimenticias	21
7	Usos de las saponinas en la industria	23
8	Contenidos de saponinas en quinua obtenidos con diferentes métodos analíticos.....	46
9	Propiedades del azida de sodio	49
10	Datos técnicos del motor del equipo agitador	68
11	Resultados de los ensayos afrosimétricos y el análisis químico cuantitativo realizados en once variedades comerciales de quinua	86
12	Datos numéricos para el diagrama de frecuencias de la altura de espuma de las mutantes	92

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1	Partes de una planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	7
2	Anatomía del grano de quinua.....	8
3	Esqueletos esteroide y triterpenoide de las sapogeninas	26
4	Esqueletos de tres grupos de las sapogeninas triterpenoides	26
5	Sapogeninas triterpenoides del grupo β -amirina	27
6	Ruta metabólica de la formación de escualeno, precursor de las sapogeninas triterpenoides.....	29
7	Principales sapogeninas de la quinua	34
8	Método afrosimétrico para la determinación de saponinas en quinua	55
9	Dibujos demostrativos para la lectura de la espuma según el protocolo desarrollado.....	57
10	Visualización de las espumas características que se observan en el análisis afrosimétrico.....	58
11	Diagrama de flujo para la determinación químico cuantitativa de saponinas en quinua.....	59
12	Etapas del presente de trabajo de investigación.....	61
13	Frente del equipo agitador	70
14	Perfil del equipo agitador y vistas de planta y perfil de la gradilla portatubos	71
15	Vista del instrumento de medición llamado <i>afrosímetro</i>	72
16	Fotografía del equipo agitador construido	73
17	Fotografía de la gradilla con tubos experimentales y el <i>afrosímetro</i>	74
18	Efecto de la temperatura en la formación de espuma para tres variedades de quinua	76
19	Efecto del pH en la formación de espuma para tres variedades de quinua	78

20	Efecto de la relación peso de muestra:volumen de agua en la formación de espuma para tres variedades de quinua	80
21	Efecto del tiempo de ensayo en la formación de espuma para tres variedades de quinua.....	81
22	Curva de altura de espuma y la concentración en solución de saponinas pura blanca (Merck).....	82
23	Curva con tendencia lineal obtenida de los puntos de la correlación para la saponina pura blanca (Merck)	84
24	Gradiente de alturas de espuma para una batería de concentraciones en solución de saponina pura blanca (Merck)	85
25	Curva de calibración del equipo agitador desarrollada para la altura de espuma (cm) y el contenido de saponinas (% b.s.) en quinua	89
26	Gradiente de alturas de espuma para las once variedades comerciales de quinua	90
27	Contraste entre los límites superiores de cada rango de agrupación de alturas de espuma de las mutantes y la altura de espuma del parental	91
28	Diagrama de frecuencias de las alturas de espuma de las 956 mutantes (M4) de la variedad de quinua La Molina 89.....	93
29	Variabilidad encontrada en la población de mutantes (M4) de la variedad de quinua La Molina 89	95