

# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**



## **DESARROLLO DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA EN POLVO DE BALANCEADO VALOR PROTEICO Y LIBRE DE GLUTEN, A BASE DE HARINAS EXTRUIDAS DE CEREALES, PSEUDOCEREALES Y LEGUMINOSAS**

Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado de  
Magíster en Alimentos mención Gestión, Calidad e Inocuidad de los  
Alimentos por:

**ROBINSON MARLON AYLAS HUAMAN**

Director de Tesis: Andrea Bunger Timmermann

Santiago-CHILE

Abril 2017

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABLAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. DIETA VEGETARIANA .....	3
2.2. ALERGIAS ALIMENTARIAS .....	5
2.2.1. Dieta libre de gluten: Enfermedad celíaca .....	6
2.3. COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS .....	7
2.4. CARACTERÍSTICAS DE CEREALES Y PSEUDOCEREALES .....	8
2.4.1. Cereales .....	8
2.4.2. Pseudocereales .....	12
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS LEGUMINOSAS .....	16
2.6. HARINAS EXTRUIDAS .....	19
2.7. NECESIDADES DE PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS .....	20
2.8. VALOR NUTRICIONAL DE LAS PROTEÍNAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS .....	23
2.8.1. Mezcla de leguminosas y cereales .....	23
2.8.2. Estudios realizados con mezclas de cereales/leguminosas .....	24
III. HIPÓTESIS .....	31
IV. OBJETIVOS .....	31
4.1. General .....	31
4.2. Específicos .....	31
V. METODOLOGÍA .....	32
5.1. Proceso de elaboración y desarrollo de la formulación .....	32
5.2. Selección de las harinas extruidas para la formulación .....	34

5.3. Materias primas .....	34
5.4. Caracterización de las harinas y formulación de mezclas .....	38
5.4.1. Caracterización de harinas.....	38
5.4.2. Formulación de mezclas.....	40
5.5. Optimización de las formulaciones por programación lineal.....	41
5.5.1. Obtención de la mezcla final .....	42
5.5.2. Evaluación sensorial .....	42
5.5.3. Características fisicoquímicas .....	43
5.6. Caracterización de la mezcla óptima .....	45
5.6.1. Análisis microbiológico .....	45
5.6.2. Análisis de peróxidos .....	45
5.6.3. Análisis proximal .....	45
5.7. Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima .....	45
5.8. Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares .....	46
5.9. Análisis estadísticos .....	47
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	48
6.1. Selección de las harinas extruidas para la formulación.....	48
6.2. Caracterización de las harinas y formulación de mezclas .....	50
6.2.1. Caracterización de las harinas .....	50
6.2.2. Formulación de mezclas.....	56
6.3. Optimización de la formulación por programación lineal .....	57
6.3.1. Evaluación sensorial .....	63
6.3.2. Características fisicoquímicas.....	66
6.4. Caracterización de la mezcla óptima (A+Q+Lu).....	73
6.4.1. Análisis microbiológico .....	73
6.4.2. Análisis de peróxidos .....	74
6.4.3. Análisis proximal .....	74
6.5. Composición de aminoácidos esenciales de la mezcla óptima .....	77
6.6. Estudio exploratorio de consumo del producto en hogares.....	81

VII. CONCLUSIONES .....	89
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	91
IX. ANEXOS .....	100
ANEXO 1. Planilla en Excel para la formulación de mezclas .....	100
ANEXO 2. Cantidad de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales.....	101
ANEXO 3. Ficha de evaluación sensorial .....	102
ANEXO 4. Receta opcional para la preparación de la mezcla alimenticia....	107
ANEXO 5. Encuesta para el estudio exploratorio de consumo en hogares..	108
ANEXO 6. Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas por optimización .....	111
ANEXO 7. Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las tres mezclas seleccionadas .....	112
ANEXO 8. Perfil aminoacídico de la mezcla optima determinado por HPLC	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Subtipos de la dieta vegetariana y sus características.....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición química de cereales libres de gluten, en base a 100 g de alimento.....	9
<b>Tabla 3.</b> Composición de aminoácidos esenciales en el grano de arroz, en base a 100 gramos de proteína.....	10
<b>Tabla 4.</b> Composición de aminoácidos esenciales del grano de maíz amarillo, en base a 100 g de proteína.....	11
<b>Tabla 5.</b> Composición de aminoácidos esenciales del grano de sorgo, en base a 100 g de proteína.....	12
<b>Tabla 6.</b> Composición química del grano de quinoa y amaranto, en base a 100 gramos de alimento.....	13
<b>Tabla 7.</b> Composición de aminoácidos esenciales en el grano de quinoa, en base a 100 gramos de proteína.....	14
<b>Tabla 8.</b> Composición de aminoácidos esenciales en la semilla de amaranto, en base a 100 gramos de proteína.....	15
<b>Tabla 9.</b> Composición química de leguminosas, en base a 100 gramos de alimento.....	17
<b>Tabla 10.</b> Composición de aminoácidos esenciales de leguminosas no considerados alérgenos, en base a 100 g de proteína.....	18
<b>Tabla 11.</b> Requerimiento de proteínas por grupo de edades para ambos sexos, en g de proteína/kg de peso corporal/día.....	20
<b>Tabla 12.</b> Patrón e ingesta diaria de aminoácidos sugerido por la FAO/OMS/ONU (2007).....	22
<b>Tabla 13.</b> Contenido de proteína en pinoles (polvo) de diferente composición.....	25
<b>Tabla 14.</b> Contenido de aminoácidos esenciales en el pinole de maíz y pinoles elaborados con mezclas de cereales y leguminosas (producto en polvo).....	26

<b>Tabla 15.</b> Composición química y perfil de aminoácidos de la mezcla de harina de maíz y harina de garbanzo.....	27
<b>Tabla 16.</b> Precio por kilogramo de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce. ....	35
<b>Tabla 17.</b> Composición de ácidos grasos en el aceite coco (Cocos nucifera L.) .....	36
<b>Tabla 18.</b> Cantidad de vitaminas y minerales agregados en la formulación de la mezcla alimenticia (MA).....	37
<b>Tabla 19.</b> Criterios microbiológicos para caracterizar las harinas extruidas. ....	38
<b>Tabla 20.</b> Cereales y leguminosas con características adecuadas para la formulación de la mezcla alimenticia.....	49
<b>Tabla 21.</b> Resultados del análisis microbiológico de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (los valores corresponde al promedio de 3 repeticiones). ....	51
<b>Tabla 22.</b> Composición proximal de las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce (en g de componente/ 100 g de harina). ....	52
<b>Tabla 23.</b> Composición de aminoácidos para las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce. ....	55
<b>Tabla 24.</b> Combinación de harinas extruidas de cereales y leguminosas. ....	56
<b>Tabla 25.</b> Contenido de proteína en las harinas extruidas de arroz, maíz, quinoa, lenteja y lupino dulce, determinado por HPLC (g /100 g de harina). ....	58
<b>Tabla 26.</b> Resultados de la optimización por programación lineal. ....	59
<b>Tabla 27.</b> Costo final de las mezclas en 100 gramos de producto (CLP). ....	61
<b>Tabla 28.</b> Resultados de la evaluación sensorial de las tres mezclas. ....	64
<b>Tabla 29.</b> Resultados de la prueba de ordenamiento por preferencia. ....	65
<b>Tabla 30.</b> Valores de los parámetros del modelo Ostwald de Waele, para las tres mezclas formuladas. ....	66
<b>Tabla 31.</b> Índice de solubilidad en agua de las tres mejores mezclas formuladas. ....	70

<b>Tabla 32.</b> Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mezclas a 1 h.....	72
<b>Tabla 33.</b> Resultados del análisis microbiológico, para la mezcla más aceptada (A+Q+Lu).....	73
<b>Tabla 34.</b> Composición proximal de la mezcla A+Q+Lu de mayor aceptación..	74
<b>Tabla 35.</b> Composición químico proximal de la mezcla alimenticia y comparación con los nutrientes de la leche entera en polvo (en base a 100 g de alimento). .	76
<b>Tabla 36.</b> Límites actuales de energía, azúcares, sodio y grasas saturadas (MINSAL, 2015).....	76
<b>Tabla 37.</b> Aporte de proteínas de productos comerciales, similares a la mezcla alimenticia.....	77
<b>Tabla 38.</b> Características que gustaron, mencionadas en forma espontánea..	83
<b>Tabla 39.</b> Características que desagradaron, mencionadas en forma espontánea. ....	84
<b>Tabla 40.</b> Productos disponibles en el mercado de características similares a la mezcla alimenticia. ....	88
<b>Tabla 41.</b> Cantidades de vitaminas y minerales que deben contener los alimentos para regímenes especiales. ....	101
<b>Tabla 42.</b> Composición de aminoácidos esenciales de las tres mezclas seleccionadas y comparación con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína). ....	111
<b>Tabla 43.</b> Resultados del análisis de varianza para evaluar diferencias entre las mezclas. ....	112
<b>Tabla 44.</b> Prueba de comparación múltiple para determinar mezcla de mayor aceptación. ....	112
<b>Tabla 45.</b> Perfil aminoácido de la mezcla A+Q+Lu determinado por HPLC, comparado con el patrón de la FAO 2007 (g/100 g de proteína). ....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo para la obtención de la mezcla alimenticia. ....	33
<b>Figura 2.</b> Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de las tres mejores mezclas encontradas con el patrón de la FAO/OMS 2007. ....	62
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de la viscosidad aparente frente al gradiente de deformación, para las tres mezclas, evaluadas a 25 °C y 30 °C. ....	67
<b>Figura 4.</b> Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 25 °C. ....	69
<b>Figura 5.</b> Curvas de flujo para las tres mezclas evaluadas a una temperatura de 30 °C. ....	69
<b>Figura 6.</b> Índice de estabilidad turbiscan (TSI) de las tres mejores mezclas formuladas. ....	71
<b>Figura 7.</b> Contenido de aminoácidos esenciales de la mezcla A+Q+Lu determinado por HPLC y comparación con los resultados de la optimización y patrón de la FAO/OMS-2007. ....	78
<b>Figura 8.</b> Comparación de los aminoácidos esenciales de la mezcla alimenticia, con el patrón de la FAO y la leche entera en polvo. ....	80
<b>Figura 9.</b> Género de las personas encuestadas. ....	81
<b>Figura 10.</b> Rango de edades de las personas encuestadas. ....	82
<b>Figura 11.</b> Aspectos del producto que fueron atraídos por los encuestados. ...	82
<b>Figura 12.</b> Aceptabilidad general del producto. ....	83
<b>Figura 13.</b> Preparaciones en que se usó el producto. ....	85
<b>Figura 14.</b> Cantidad usada del producto por preparación. ....	85
<b>Figura 15.</b> Intención de compra del producto. ....	86
<b>Figura 16.</b> Lugares donde se desearía comprar el producto. ....	87
<b>Figura 17.</b> Precio dispuesto a pagar por una presentación de 300 gramos. ....	87