



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**

**“Determinación de actividad antioxidante en  
*Arthrospira platensis* sometida a diversas concentraciones de  
CO<sub>2</sub> obtenido del proceso de fermentación del vino e INDURA.  
Evaluación sensorial de una barrita de cereal elaborada con la  
microalga”**

*Memoria para optar al título de Ingeniera en Alimentos*

**AMÉRICA REGINA LIZANA RETAMAL**

**PROFESOR PATROCINANTE**

**DRA. CARLA DELPORTE V.**

Depto. de Química Farmacológica y  
Toxicológica  
Universidad de Chile

**DIRECTORES DE TESIS**

**MG. EDUARDO CASTRO M.**

Depto. de Ciencias de los Alimentos y  
Tecnología Química  
Universidad de Chile

**MG. ANDREA BUNGER T.**

Depto. de Ciencias de los Alimentos y  
Tecnología Química  
Universidad de Chile

**LIC. GABRIEL CASTRO N.**

Director de Investigación y Desarrollo  
Aeon Biogroup

**SANTIAGO DE CHILE**

**MARZO 2014**

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE ABREVIATURAS .....	VI
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN.....	XII
SUMMARY .....	XIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Antecedentes de <i>Arthrospira platensis</i> (n.v. espirulina).....	3
2.1.1 Generalidades de las algas Cianofitas (algas verde-azuladas.).....	3
2.1.2 Descripción de la especie. ....	3
2.1.3 Clasificación taxonómica de <i>Arthrospira platensis</i> .....	5
2.1.4 Historia.....	5
2.1.5 Distribución geográfica.....	6
2.1.6 Características nutricionales.....	6
2.2 Antecedentes de los compuestos antioxidantes.....	7
2.2.1 Antioxidantes.....	7
2.2.2 Compuestos fenólicos o polifenoles.....	8
2.2.2.1 Estructura química y clasificación.....	9
2.3 Antecedentes de las Barritas de Cereal.....	10
2.3.1 Reglamentación.....	10
2.3.1.1 Requisitos organolépticos.....	11

2.3.1.2 Requisitos Físicos y Químicos.....	11
2.3.2 Datos Estadísticos.....	11
2.3.3 Elaboración de las Barritas de Cereal.....	13
2.3.4 Descripción de las Materias primas.....	13
2.3.4.1 Avena.....	13
2.3.4.2 Quínoa.....	14
2.3.4.3 Sésamo.....	14
2.3.4.4 Manzana.....	15
2.3.4.5 Berries.....	15
2.3.4.6 Stevia.....	16
III- HIPÓTESIS.....	17
IV- OBJETIVOS.....	18
4.1 OBJETIVOS GENERALES.....	18
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
V- MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	19
5.1 Materiales y equipos.....	19
5.2 Reactivos.....	19
5.3 Plan de trabajo.....	20
5.4.1 Obtención de la biomasa de <i>Arthrospira platensis</i> cultivada con CO <sub>2</sub> de grado alimenticio y CO <sub>2</sub> de la Viña Miguel Torres.....	22
5.4.1.1 Cultivos microalgales.....	22
5.4.1.2 Monitoreo de los cultivos de <i>Arthrospira platensis</i> .....	24
5.4.1.3 Cosecha de la biomasa de <i>Arthrospira platensis</i> .....	27

3.4.2. Obtención de los extractos de <i>Arthrospira platensis</i> cultivados con ambos tipos de CO <sub>2</sub> (grado alimenticio y de la Viña Miguel Torres.).....	27
3.4.3 Análisis fitoquímico de los tres extractos por cromatografía de capa fina (CCF).....	29
3.4.4 Determinación del contenido de fenoles totales y de la actividad antioxidante de los extractos de <i>Arthrospira platensis</i> cultivados con ambos tipos de CO <sub>2</sub> (grado alimenticio y de la Viña Miguel Torres).....	30
3.4.4.1 Determinación del contenido de fenoles totales (CTF) de los EET de <i>A.platensis</i> por el método de Folin-Ciocalteu.....	30
3.4.4.2 Determinación de la actividad antioxidante de los EET de <i>A.platensis</i> por el método FRAP.....	31
3.4.5 Caracterización de los extractos de <i>Arthrospira platensis</i> mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a detección con arreglo de díodos (CLAE-DAD).....	32
3.4.5.1 Determinación de la presencia de compuestos fenólicos previamente descritos en <i>A.platensis</i> .....	33
3.4.6. Elaboración del producto.....	34
3.4.6.1 Proceso de elaboración de la barra de cereal con <i>A.platensis</i> .....	36
3.4.7 Evaluación sensorial.....	37
VI- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6.1 Crecimiento de la biomasa de <i>Arthrospira platensis</i> cultivada con CO <sub>2</sub> de grado alimenticio y CO <sub>2</sub> de la Viña Miguel Torres.....	38
6.2 Producción de biomasa obtenida tras la cosecha de los cultivos de <i>Arthrospira platensis</i> con ambos tipos de CO <sub>2</sub> (grado alimenticio y de la Viña Miguel Torres).....	41
6.3 Obtención de los extractos de <i>Arthrospira platensis</i> cultivados con ambos tipos de CO <sub>2</sub> (grado alimenticio y de la Viña Miguel Torres) y sus rendimientos.....	43
6.4 Análisis químico por cromatografía de capa fina (CCF) de los extractos de <i>Arthrospira platensis</i> .....	44
6.5 Determinación del contenido de fenoles totales (CTF) por el método de Folin-Ciocalteu... ..	48
6.6 Determinación de la actividad antioxidante por el método FRAP.....	51

6.7 Determinación de la presencia de compuestos fenólicos descritos previamente en <i>Arthrospira platensis</i> por cromatografía de líquidos de alta eficiencia con detector de diodos.	55
6.8 Test con consumidores.	59
6.8.1 Test de aceptabilidad de las barritas de cereal.	60
6.8.2 Test pareado de preferencia de barritas de cereal.	63
VII- CONCLUSIONES	67
VIII- REFERENCIAS	69
ANEXOS	74
Anexo 1: Información nutricional de <i>Arthrospira platensis</i> .	74
Anexo 2: Estructura química de los principales ácidos fenólicos descritos en <i>Arthrospira</i> .	77
Anexo 3: Tabla de información nutricional con las principales materias primas empleadas en la barra de cereal Aquasolar.	78
Anexo 4: Protocolo de elaboración del medio de cultivo Zarrouk.	79
a) Soluciones y reactivos empleados.	79
b) Preparación del medio de cultivo.	80
Anexo 5: Cálculo del volumen de alimentación con medio de cultivo Zarrouk.	81
Anexo 6: Diagrama del proceso de producción de microalgas.	82
Anexo 7: Obtención del CO <sub>2</sub> de la viña Miguel Torres.	83
Anexo 8: Fotos y esquemas del monitoreo de los cultivos de <i>A. platensis</i> .	87
Anexo 9: Resumen del protocolo para la determinación de fenoles totales mediante el método de Micro Folin-Ciocalteu.	91
Anexo 10: Resumen del protocolo del método FRAP.	92
Anexo 11: Resumen del análisis estadístico Anova para cada parámetro evaluado.	92
Anexo 12: Ficha para la aplicación del test de aceptabilidad y preferencia de la barra de cereal con <i>Arthrospira platensis</i> .	93

Anexo 13: Afiche informativo sobre la barra de cereal con <i>A.platensis</i> evaluada por los consumidores.....	97
Anexo 14: Consumo de alimentos saludables. ....	98
Anexo 15: Promedios del test de aceptabilidad y análisis estadístico de los atributos de las barras de cereal evaluadas. ....	99
Anexo 16: Resultados detallados del test de aceptabilidad de las barras de cereal con <i>A.platensis</i> y comercial.....	100
Anexo 17: Análisis estadístico del test de aceptabilidad de las barras de cereal con <i>A.platensis</i> y comercial. ....	102
Anexo 18: Análisis estadístico de la intención de compra de barras de cereal.....	103
Anexo 19: Evaluación estadística por Chi cuadrado ( $\chi^2$ ) y distribución binomial.....	103