



S.E.P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC



**Efecto de la germinación sobre las actividades
antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados
e hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa**

TESIS

**Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

IBQ. MARIA ELENA MANUEL PÉREZ

DIRECTOR:

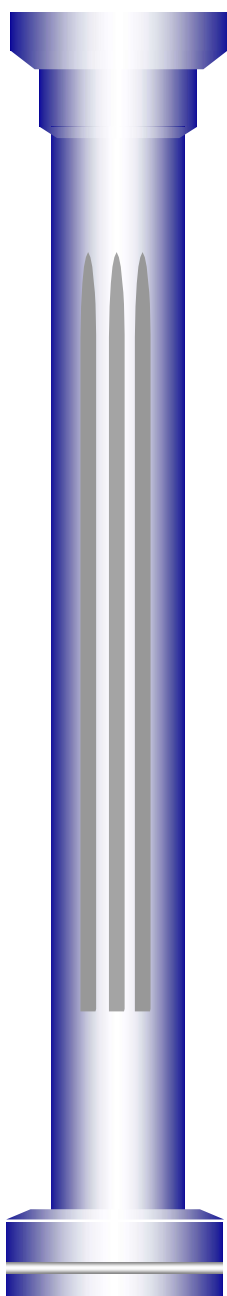
DR. JUAN GABRIEL TORRUCO UCO

CO-DIRECTORA INTERNA:

DRA. BETSABÉ HERNÁNDEZ SANTOS

Tuxtepec, Oaxaca.

Mayo 2025.





Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Tuxtepec
Subdirección Académica
División de Estudios Profesionales

Autorización de Presentación Electrónica de Tesis

San Juan Bautista Tuxtepec, Oax., **10/ABRIL/2025**
Oficio No. DEP/CT-2222

C.MARIA ELENA MANUEL PÉREZ
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN ALIMENTOS
CON NÚMERO DE CONTROL M12350523
P R E S E N T E

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE EL COMITÉ TUTORIAL INTEGRADO POR LOS CC. JUAN GABRIEL TORRUCO UCO, BETSABÉ HERNÁNDEZ SANTOS, ERNESTINA PAZ GAMBOA, ERASMO HERMAN Y LARA, REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "EFECTO DE LA GERMINACIÓN SOBRE LAS ACTIVIDADES ANTIOXIDANTES Y ANTIHIPERTENSIVAS DE LOS CONCENTRADOS E HIDROLIZADOS PROTEICOS DEL FRIJOL NEGRO JAMAPA,." PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DE ACUERDO AL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS.

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Ciencia y Técnica Presentes al Futuro

JULIÁN KURI MAR
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

ccp. Depto. Servicios Escolares
Archivo
MHC/emh*



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

**SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA**



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

Calzada de Victor Bravo Ahuja, s/n, 661 Col. Progreso Perseas,
C.P. 68350, Tuxtepec, Oax. Tel. 8751888 y 8751044 e-mail:
division.de.estudios.profesionales@ituxtpec.tecn.mx



**antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados e
hidrolizados proteicos del frijol negro jamapa”**

Por:

IBQ. MARIA ELENA MANUEL PÉREZ

Tesis propuesta al:

Instituto Tecnológico de Tuxtepec

**Como requerimiento parcial para obtener el grado de
Maestra en Ciencias en Alimentos.**

Mayo 2025.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

Yo, Maria Elena Manuel Pérez con Número de control: **M12350523**, RFC: **MAPE941017LY4**, alumna de la Maestría en Ciencias en Alimentos, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, autora de la Tesis titulada **“Efecto de la germinación sobre las actividades antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados e hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa”**.

DECLARO QUE:

1. El presente trabajo de investigación y tema de tesis presentada para la obtención del título de Maestra en Ciencias en Alimentos es original y asignado por mi director de tesis el **Dr. Juan Gabriel Torruco Uco**, siendo resultado de mi trabajo experimental y escritura personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, formulas ni citas completas, así como ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memorias, etc. (en versión digital o impresa). Caso contrario, menciono de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.
2. Declaro que el trabajo de investigación que pongo en consideración para evaluación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni ha sido publicado en sitio alguno.
3. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones administrativas y/o legales por parte del instituto, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en la tesis, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Asimismo, me hago responsable ante la institución o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado. De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente del Tecnológico nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec.

Tuxtepec, Oaxaca a 28 de Abril del 2025.

Firma



Maria Elena Manuel Pérez

Maria Elena Manuel Pérez

Tesis Final Marzo 2025-María Elena.docx

 Tecnológico Nacional de México

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::20755:453146505

Fecha de entrega

27 abr 2025, 1:16 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

27 abr 2025, 1:19 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

Tesis Final Marzo 2025-María Elena.docx

Tamaño de archivo

1.9 MB

82 Páginas

19.134 Palabras

102.136 Caracteres



Página 2 of 91 - Integrity Overview

Identificador de la entrega trn:oid:::20755:453146505

23% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

- 21%  Internet sources
- 6%  Publications
- 10%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Tuxtepec, el día 28 de abril de 2025, la que suscribe Maria Elena Manuel Pérez alumna del programa de Maestría en Ciencias en Alimentos con número de control: **M12350523**, adscrito al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, manifiesto que soy autora intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. Juan Gabriel Torruco Uco y cedo los derechos del trabajo titulado: **“Efecto de la germinación sobre las actividades antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados e hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa”**. Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de a información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a los correos: ma.elena.manuel@outlook.com y juan.tu@tuxtepec.tecnm.mx si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar a fuente de este.

A T E N T A M E N T E

Firma


Maria Elena Manuel Pérez

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión del Dr. Juan Gabriel Torruco Uco, a quien le agradezco la amistad y confianza que deposito en mí para llevar a cabo la realización de este proyecto, gracias por todo el apoyo moral y profesional que me brindó en este trayecto de mi formación profesional, valoro mucho el tiempo, paciencia y el haber compartido de sus conocimientos, para alcanzar los objetivos y metas planteadas en esta investigación.

A mi comité tutorial integrado por la Dra. Betsabé Hernández Santos, la M.C. Ernestina Paz Gamboa, Dr. Erasmo Herman y Lara, por la dedicación y consejos profesionales, además de darme el tiempo en la revisión y corrección de este trabajo de investigación.

Al Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, a la Coordinación de Posgrado e Investigación, así como a los Profesores Investigadores que integran la planta docente de la Maestría en Ciencias en Alimentos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec, por haberme brindado sus conocimientos para mi formación como Maestra en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por haberme otorgado la Beca Nacional de Manutención y lograr con ello mis estudios de Maestría en Ciencias en Alimentos en esta Institución.

DEDICATORIAS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la oportunidad de tener vida, salud y fortaleza, además de darme sabiduría y sostenerme en las diversas situaciones difíciles que se fueron presentando para poder concluir este proyecto.

A mis padres, Antonia Pérez López e Isidro Manuel Ortiz, por brindarme su amor incondicional, apoyo, cariño y sobre todo darme consejos y motivación en todo momento de mi vida. Muchas Gracias.

A mi hija, por ser mi sostén y darme la fortaleza diaria para seguir adelante, cumplir cada uno de los objetivos pues con su amor infinito y paciencia hemos y seguiremos superándonos.

A mis hermanos gracias por su apoyo y cariño brindado.

A mis amigos, América, Mayra, Rosita, Ludy, Miriam, Abimael, Andrea, Aby y Janeth, gracias por todo el cariño, amor, motivación y el apoyo emocional que me brindaron y no me han dejado sola en momentos difíciles de mi vida.

Al equipo de laboratorio “proteínas y péptidos bioactivos” por apoyarme en el proceso de elaboración de este proyecto además de compartir esta experiencia que nos dejó muchas enseñanzas.

RESUMEN

Manuel Pérez Maria Elena. Maestría en Ciencias en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. **“Efecto de la germinación sobre las actividades antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados e hidrolizados proteicos del frijol negro jamapa”**. Director: Dr. Juan Gabriel Torruco Uco, Co-directora interna: Dra. Betsabé Hernández Santos.

Los germinados son alimentos altamente valorados por su contenido nutrimental, ya que aportan fitonutrientes, vitaminas, minerales, proteínas y aminoácidos esenciales. Además, estos alimentos tienen una alta demanda debido a los beneficios que ofrecen para la salud incluyendo propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y fortalece el sistema inmunológico. Por lo que, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la germinación en las actividades antioxidantes y antihipertensivas de los concentrados e hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa. Las semillas de frijol negro Jamapa fue obtenido en el mercado central de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Las semillas fueron germinadas entre 0 a 8 días a 27 °C en oscuridad, del cual se obtuvieron harinas donde varió el contenido de proteínas entre 8.30 a 14.22%, y en los concentrados proteicos entre 42.27 a 55.78%. Donde el mayor contenido proteico se observó en el día 6 con valores de 22.24% y 52.7% en el concentrado proteico respectivamente. En cuanto a los parámetros de color, el parámetro de L^* de las harinas osciló entre 73.23 a 75.8, mientras que en los concentrados fue entre 59.9 a 70.9. En cuanto a los parámetros de color, el parámetro de L^* de las harinas osciló entre 73.23 a 75.8, mientras que en los concentrados fue entre 59.9 a 70.9. El perfil fitoquímico mostró la presencia de: saponinas, fitoesteroles, flavonoides, proteínas, terpenoides en los diferentes días de germinación. Las cinéticas de hidrólisis con flavourzima[®] mostraron un grado mayor de hidrólisis (GH) en el día 8 de 35.69 a 63.42%, mientras que, que con pepsina[®] presentó un GH entre 40.21 a 52.36%. Los hidrolizados proteicos con mayor actividad antioxidante por los métodos ABTS y DPPH se obtuvieron con la enzima pepsina[®] en el Día 1 y con la enzima flavourzima[®] en el Día 0. En cuanto a la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ECA),

los hidrolizados con flavourzima® del Día 7 y Día 8 mostraron inhibiciones del 21.75 y 41.95% respectivamente, mientras que con pepsina® fue de 6.57% (Día 3) y 41.68% (Día 8).

ABSTRACT

Manuel Pérez Maria Elena. Master's degree in Food Sciences, Tuxtepec Institute of Technology. **"Effect of germination on the antioxidant and antihypertensive activities of protein concentrates and hydrolysates from the jamapa black bean."** Director: Dr. Juan Gabriel Torruco Uco; Internal Co-Director: Dr. Betsabé Hernández Santos.

Sprouts are highly valued foods for their nutritional content, as they provide phytonutrients, vitamins, minerals, proteins, and essential amino acids. Furthermore, these foods are in high demand due to their health benefits, including antioxidant and anti-inflammatory properties and immune system strengthening. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of sprouting on the antioxidant and antihypertensive activities of Jamapa black bean protein concentrates and hydrolysates. Jamapa black bean seeds were obtained from the central market of San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. The seeds were germinated for 0 to 8 days at 27°C in the dark, yielding flours with protein content ranging from 8.30 to 14.22%, and protein concentrates from 42.27 to 55.78%. The highest protein content was observed on day 6, with values of 22.24% and 52.7% in the protein concentrate, respectively. Regarding color parameters, the L^* parameter of the flours ranged from 73.23 to 75.8%, while in the concentrates it was between 59.9 and 70.9%. Regarding color parameters, the L^* parameter of the flours ranged from 73.23 to 75.8%, while in the concentrates it was between 59.9 and 70.9%. The phytochemical profile showed the presence of saponins, phytosterols, flavonoids, proteins, and terpenoids on the different days of germination. The hydrolysis kinetics with flavourzyme® showed a higher degree of hydrolysis (GH) on day 8 from 35.69 to 63.42%, while with pepsin® it presented a GH between 40.21 to 52.36%. The protein hydrolysates with the highest antioxidant activity by the ABTS and DPPH methods were obtained with the pepsin® enzyme on Day 1 and with the flavourzyme® enzyme on Day 0. Regarding the inhibition of the angiotensin converting enzyme (ACE), the hydrolysates with flavourzyme® on Day 7 and Day 8 showed inhibitions of 21.75 and 41.95% respectively, while with pepsin® it was 6.57% (Day 3) and 41.68% (Day 8).

Índice

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN.....	20
II MARCO TEORICO	22
2.1 Problemas de salud a nivel mundial y nacional.....	22
2.1.1 Enfermedades cardiovasculares	22
2.1.2 Hipertensión arterial.....	23
2.1.3 Mecanismo renina-angiotensina-aldosterona	24
2.2 Radicales libres	25
2.2.1 ¿Qué es un antioxidante?.....	26
2.3. Metabolitos secundarios	26
2.3.1 Leguminosas como fuentes de obtención.....	27
2.4 <i>Phaseolus vulgaris</i>	28
2.4.1 Variedades y su clasificación.....	30
2.4.2 Importancia de las semillas del frijol en la alimentación	31
2.4.3 Componentes antinutricionales del frijol	31
2.5 Germinación	33

2.6 Proteínas	34
III. ANTECEDENTES	37
IV. JUSTIFICACIÓN	40
V. OBJETIVOS	41
5.1 Objetivo general	41
5.2 Objetivos específicos.....	41
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
6.2 Proceso de germinación del frijol negro Jamapa.....	42
6.3 Preparación de las harinas germinadas del frijol negro Jamapa.....	43
6.4 Perfil fitoquímico de las harinas germinadas	43
6.5 Obtención del concentrado proteico	43
6.6 Determinación de proteínas por el método de Lowry	44
6.7 Determinación de la composición química proximal del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	46
6.7.1 Humedad (Método 925.09):	46
6.7.2 Proteína cruda (Método 954.01):	47
6.7.3 Grasa cruda (Método 920.39):	48
6.7.4 Fibra cruda (Método 962.09):.....	49
6.7.5 Determinación del color de la harina y concentrado proteico	51

6.8 Hidrólisis enzimática de los concentrados proteicos del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	52
6.9 Obtención del grado de hidrólisis	52
6.10 Evaluación <i>in vitro</i> de las actividades biológicas de los hidrolizados proteicos.	53
6.10.1 Capacidad antioxidante	53
6.10.2 Método 2,2-azino-bis-(3-etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico) o ABTS•+	53
6.10.3 Método 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH+)	54
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
7.1 Proceso de germinación y rendimiento	56
7.2 Composición química de las harinas germinadas	57
7.3 Solubilidad de las proteínas	58
7.4 Precipitación isoelectrica de las proteínas de las harinas germinadas del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	59
7.5 Composición química de los concentrados proteicos	56
7.6 Color de las harinas germinadas	61
7.7 Perfil fitoquímico de las harinas germinadas	63
7.8 Hidrolisis enzimática del concentrado proteico de la semilla del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	65
7.9 Hidrolisis enzimática con la enzima Pepsina®	65
7.10 Hidrólisis enzimática con la enzima Flavourzima®	
7.11 Atividade antioxidante de los hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) germinado.....	67

7.11.1 Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con pepsina®
mediante la inhibición del radical DPPH+ 61

**7.11.2 Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con
flavourzima® mediante la inhibición del radical DPPH+ 63**

7.11.3 Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con pepsina®
mediante la inhibición del radical ABTS•+ 62

7.11.4 Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con
flavourzima® mediante la inhibición del radical ABTS•+ 64

VIII. CONCLUSIONES 79

IX. REFERENCIAS 80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Curva de calibración para determinar proteínas.....	45
Tabla 2. Cuantificación de la muestra	46
Tabla 3. Composición química proximal de las harinas del frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) germinado.....	58
Tabla 4. Composición química proximal de los concentrados proteicos del frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) germinado.	61
Tabla 5. Parámetros de color de las harinas del frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) germinado.	62
Tabla 6. Parámetros de color de los concentrados proteicos obtenidos de las harinas del frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) germinados.	63
Tabla 7. Efecto de la germinación sobre la presencia de metabolitos secundarios en las harinas del frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) germinado.....	64
Tabla 8. Actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) por los hidrolizados proteicos del frijol negro Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i>) germinado.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema renina angiotensina aldosterona (SRA).....	24
Figura 2. Planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> (SAGARPA, 2020).....	29
Figura 3. Etapas del proceso de germinación y rendimiento de los granos de frijol negro Jamapa (<i>P. vulgaris</i>) que lograron germinar.	57
Figura 4. Solubilidad (%) de las proteínas obtenidas de las harinas germinadas a diferentes tiempos.	59
Figura 5. Precipitación isoelectrica (pI) de las proteínas a diferentes pH's de las muestras germinadas de frijol negro Jamapa.....	60
Figura 6. Cinéticas de la hidrólisis enzimática del concentrado proteico del frijol negro jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a diferentes días de germinación con la enzima Pepsina®.....	66
Figura 7. Cinéticas de la hidrólisis enzimática del concentrado proteico del frijol negro jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) a diferentes días de germinación con la enzima Flavourzima®.	67
Figura 8. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Pepsina® del germinado del D1 a diferentes tiempos de reacción sobre la inhibición del radical DPPH+.....	69
Figura 9. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Pepsina® del germinado del D8 a diferentes tiempos de reacción sobre la inhibición del radical DPPH+.....	69
Figura 10. Valores de IC_{50} de los hidrolizados proteicos del concentrado proteico de los germinados del D1 y D8 de frijol Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i>) sobre el radical DPPH+..	70

Figura 11. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Flavourzima® del germinado del D0 a diferentes tiempos reacción sobre la inhibición del radical DPPH+.....	71
Figura 12. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Flavourzima® del germinado D8 a diferentes tiempos de reacción sobre la inhibición del radical DPPH+.....	72
Figura 13. Valores de IC_{50} de los hidrolizados proteicos del concentrado proteico de los germinados del D0 y D8 de frijol Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i>) sobre el radical DPPH+	72
Figura 14. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con pepsina® del germinado D1 a diferentes tiempos de reacción sobre la inhibición del radical ABTS•+.....	73
Figura 15. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con pepsina® del germinado D8 a diferentes tiempos de reacción sobre la inhibición del radical ABTS•+.....	74
Figura 16. Valores de IC_{50} de los hidrolizados proteicos del concentrado proteico de los germinados del D1 y D8 de frijol Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i>) sobre el radical ABTS•+.....	74
Figura 17. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Flavourzima® del germinado del D0 a diferentes tiempos reacción sobre la inhibición del radical ABTS•+.....	75
Figura 18. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos obtenidos con Flavourzima® del germinado del D8 a diferentes tiempos reacción sobre la inhibición del radical ABTS•+.....	76
Figura 19. Valores de IC_{50} del concentrado proteico de las harinas germinadas de los germinados del D0 y D8 del frijol Jamapa (<i>Phaseolus vulgaris</i>) sobre el radical ABTS•+.....	77

Figura 20. Valores de IC_{50} de los hidrolizados proteicos del concentrado proteico de los germinados D3 y D8 con Pepsina® y D7 y D8 con Flavourzima® a los 90 min de reacción..... 78