

2021
Dieta en el carácter funcional de
la carne de conejo
Emilio Andrés
Delis Hechavarría



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

Dieta en el carácter funcional de la carne de conejo

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el
Grado de

Doctor en Ingeniería de Biosistemas

Presenta

M. en C. Emilio Andrés Delis Hechavarría

Dirigido por

Dr. Irineo Torres Pacheco

Querétaro, Qro. a 29 de septiembre de 2021



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Doctorado en Ingeniería en Biosistemas

DIETA EN EL CARÁCTER FUNCIONAL DE LA CARNE DE CONEJO

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Doctor en Ingeniería en Biosistemas

Presenta:

Emilio Andrés Delis Hechavarría

Dirigido por:

Dr. Irineo Torres Pacheco

Dr. Irineo Torres Pacheco
Presidente
Dr. Ramón Gerardo Guevara González
Secretario
Dr. José Guadalupe Gómez Soto
Vocal
Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez
Suplente
Dr. Erik Gustavo Tovar-Pérez
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Septiembre 2021
México

DEDICATORIAS

Al finado Dr. José Gómez Melendes, por todo su apoyo en la realización del proyecto, el cual desgraciadamente no pudo ver finalizado.

A mi madre, padre, hermanos, y a toda familia en Cuba por su comprensión y ayuda. A la familia Zamorano Quintanar por acogerme en el seno familiar. Al pueblo de México por hacerme sentir mejor que en mi patria.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Querétaro por abrirme las puertas, a la Facultad de Ingeniería por ser la fuente de la creatividad y el ingenio; y a las Facultades de Ciencias Naturales y de Química por posibilitarme los laboratorios y las guías en sus instalaciones.

Agradezco al Programa de Becas de Posgrado de CONACyT por la beca otorgada al programa de Doctorado de Ingeniería de Biosistemas de la Facultad de Ingeniería de la UAQ.

Al Dr. Irineo Torres Pacheco, por la dirección del presente estudio y confiar en la propuesta del estudio de la calidad de la carne de conejo y en mí para la realización de este proyecto. Además, por ser como un padre para mí, comportándose en cada momento según correspondía.

Al resto de mis sinodales, al Dr. Ramón Gerardo Guevara González su constante guía y evaluación; al Dr. José Guadalupe Gómez Soto por invaluable apoyo en los experimentos, en los análisis de laboratorio de la carne de conejo y en la realización de todo el proyecto; a la Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez por paciencia, comprensión y guía; y finalmente, al Dr. Erik G. Tovar Pérez por su apoyo en la realización de las actividades enzimáticas de este proyecto y revisión de los artículos. Muchas gracias a todos y cada uno de ustedes.

A la Dra. Marcela Vargas Hernández por sus oportunos comentarios.

A la Dra. Ixchel Parola Contreras por su ayuda durante la realización de este proyecto. Les agradezco su tiempo, paciencia, conocimiento y guía.

Contenido

INDICE DE CUADROS	I
INDICE DE FIGURAS	II
Abreviaturas y siglas	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY	IX
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Generalidades del conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	3
2.1.1. Taxonomía	3
2.1.2. Alimentación	3
2.1.3. La carne de conejo.....	4
2.1.4. Calidad de la carne de conejo.....	11
2.2 Alimento funcional	13
2.2.1 Síntesis de los ácidos grasos.....	13
2.3 Metabolitos secundarios.....	14
2.4 Elicitores.....	15
2.5 Granja integral.....	17
2.6 Forraje verde hidropónico.....	17
2.7 Acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. cicla)	18
2.7.1 Botánica	18
2.7.2 Ecología	19
2.7.3 Composición química.....	19
2.7.3.1 Polifenoles	19
2.7.3.2 Flavonoides	19
2.7.3.3 Actividad biológica.....	19

2.7.3.4	Actividad anti-diabética.....	20
2.7.3.5	Actividad antioxidante.....	20
2.7.3.5	Actividad anticancerígena	21
2.8	Biodisponibilidad de nutrientes en la carne	21
III.	HIPÓTESIS	22
3.1	Hipótesis.....	22
IV.	OBJETIVOS	22
4.1	Objetivo general	22
4.2	Objetivos específicos.....	22
V.	METODOLOGIA	23
5.1	Localización del área de estudio	23
5.2	Determinación de la cantidad de acelga y de forraje verde hidropónico de cebada a incluir en la dieta diaria del conejo sin afectación a sus indicadores productivos.....	23
5.3	Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en el forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento en H ₂ O ₂	24
5.3.1	Material vegetal, condiciones de desarrollo y tratamientos de estrés	24
5.3.2	Compuestos fenólicos totales	25
5.3.3	Determinación de la actividad antioxidante	26
5.3.3.1	Reducción de la actividad del radical DPPH (DRSA)	26
5.3.3.2	Reducción de la actividad del radical ABTS (ARSA)	26
5.3.4	Ensayos de actividad enzimática	27
5.3.4.1	Preparación de los extractos	27
5.3.4.2	Ensayo de la actividad de la enzima Superóxido dismutasa	27
5.3.4.3	Ensayo de la actividad de la enzima Catalasa	27

5.3.4.4	Ensayo de la actividad de la enzima Fenilalanina amonio liasa (PAL)	28
5.3.4.5	Ensayo de la actividad de la enzima Chalcona isomerasa (CHI)	28
5.3.5	Análisis estadístico.....	28
5.4	Determinación de la concentración de metabolitos secundarios contenidos en la acelga elicitada y sin elicitar con H ₂ O ₂	29
5.4.1	Material vegetal y condiciones de desarrollo	29
5.4.2	Contenido total de fenoles	29
5.4.3	Actividad antioxidante (AOx)	30
5.4.4	Ensayos de las actividades enzimáticas	30
5.4.5	Análisis estadístico	30
5.5	Evaluación del comportamiento productivo, variables morfo fisiológicas, así como determinación de la calidad de la carne de conejo en animales alimentados con dietas que contienen forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento con H ₂ O ₂ , con énfasis en la cantidad de fenoles totales y en la capacidad antioxidante de la carne	30
5.5.1	Aplicación de elicitores.....	31
5.5.2	Alimento comercial.....	32
5.5.3	Producción de forraje verde hidropónico.....	32
5.5.4	Variables dependientes.....	33
5.5.4.1	Peso vivo	33
5.5.4.2	Rendimiento de la canal	33
5.5.4.3	Pérdidas por oreo	33
5.5.4.4	Ensayo de la disminución del radical DPPH* (DRSA)	34

5.5.4.5	Ensayo de disminución de la actividad del radical ABTS ⁺ (ARSA)	34
5.5.4.6	Contenido total de fenoles.....	34
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	36
6.1	Identificación de la proporción de suministro de alimento convencional y la adición de acelga y forraje verde hidropónico de cebada contenido en la dieta del conejo	36
6.2	Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en el forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento con H ₂ O ₂	37
6.2.1	Semillas germinadas.....	37
6.2.2	Respuesta morfológica	38
6.2.3	Compuestos fenólicos totales	39
6.2.4	Actividad antioxidante	40
6.2.5	Ensayos de actividades enzimáticas.....	42
6.3	Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en la acelga elicitada y sin elicitar con H ₂ O ₂	46
6.3.1	Inducción de cambios morfológicos	46
6.3.2	Ensayos enzimáticos	48
6.3.3	Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de las hojas de acelga	50
6.4	Evaluación del comportamiento productivo, variables morfo fisiológicas, así como la determinación de la calidad de la carne de conejo en animales alimentados con dietas que contienen forraje verde hidropónico de cebada con y sin H ₂ O ₂	54
6.4.1	Comportamiento productivo de la carne de conejo.....	54
6.4.2	Capacidad antioxidante de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes	56

6.4.3	Ensayos de la actividad enzimática de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes	58
6.4.4	Contenido de fenoles totales de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes	61
VII.	CONCLUSIONES	64
VIII.	REFERENCIAS	65
IX.	ANEXOS	85
ANEXO 1	Preparación de las soluciones para la cuantificación de las actividades enzimáticas.....	86
	Soluciones para el ensayo de la actividad Superóxido dismutasa (SOD) (EC 1.15.1.1)	86
	Soluciones para el ensayo de la actividad Catalasa (CAT) (EC 1.11.1.6)	87
	Soluciones para el ensayo de la actividad Fenilalanina-amonio liasa (PAL) (EC 4.3.1.5)	87
	Soluciones para la determinación de proteína	88
ANEXO 2	Curvas patrón usadas en la cuantificación de las actividades enzimáticas	89
ANEXO 3	Disposición de residuos	92
ANEXO 4	Recursos Humanos	93
ANEXO 5	Artículos como Primer autor	94
ANEXO 6	Memorias de congresos	96
ANEXO 7	Constancia idioma	96
ANEXO 8	Participación en capítulos de libros	97
ANEXO 9	Acta de Clase	98
ANEXO 10	Participación en ponencias y congresos.....	99

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Descripción taxonómica del conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>).	3
Cuadro 2.2. Comparación de la composición química de la carne de cinco especies animales domésticas.	4
Cuadro 5.1. Esquema de tratamientos evaluados en las dietas de forraje hidropónico de conejo.	30
Cuadro 5.2. Variables dependientes evaluadas durante la evaluación del comportamiento productivo de la carne de conejo.	31
Cuadro 6.1. Resumen de los resultados pertenecientes a los análisis de todas las variables incluidas en la investigación.	44
Cuadro 6.2. Resumen de los resultados de los análisis de todas las variables incluidas en el experimento.	52
Cuadro 6.3. Cuantificación de las actividades inhibitorias de DPPH y ABTS en moles equivalentes de Trolox Kg ⁻¹ MS, y la razón de inhibición.	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Conejo (<i>O. cuniculus</i>) variedad New Zealand.	4
Figura 2.2. Ruta metabólica de la enzima catalasa. Modificado de (Havir and McHale, 1989).	7
Figura 2.3. Síntesis y ciclo oxido-reducción del glutatión. Tomada de (Noctor et al., 2002)	8
Figura 2.4. Ruta de biosíntesis del grupo Hemo. Modificada de (Franken et al., 2011)	9
Figura 2.5. Biosíntesis de ácidos grasos. Fuente: (Heil et al., 2019; Van der Hoeven and Steffens, 2000).	14
Figura 5.1. Instalaciones de la granja IDGREEN, municipio de Corregidora, Querétaro.	23
Figura 6.1. Peso vivo promedio obtenido de los diferentes tratamientos involucrados en el estudio con el crecimiento de conejos alimentados con acelga y forraje verde hidropónico. FVH – Forraje verde hidropónico. <i>ad lib.</i> – a voluntad. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).	35
Figura 6.2. Tasa de germinación (%) del forraje verde hidropónico en las bandejas después de 24, 48 y 72 horas. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).	36
Figura 6.3. Efectos de tres dosis de H ₂ O ₂ de acondicionamiento de semillas de forraje verde hidropónico de cebada en el largo del tallo (A) y peso de la planta (B). H ₂ O ₂	37

. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Figura 6.4. Contenido de fenoles totales en el forraje verde hidropónico de cebada, luego del acondicionamiento de las semillas con diferentes dosis de H_2O_2 . Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$). 38

Figura 6.5. Reducción de los radicales por los extractos metanólicos del forraje verde hidropónico de cebada, acondicionados con tres dosis de H_2O_2 . Panel A. Reducción de la actividad del radical DPPH y Panel B. Reducción de la actividad del radical ABTS (ARSA). Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$). 40

Figura 6.6. Medición de la actividad enzimática en forraje verde hidropónico de cebada con tres tratamientos de H_2O_2 : A) Superóxido dismutasa (SOD), B) Catalasa (CAT) y C) Fenilalanina amonio liasa (PAL). Actividad específica en forraje verde hidropónico de cebada debido al acondicionamiento de las semillas con tres dosis de H_2O_2 . Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$). 41

Figura 6.7. Efecto del H_2O_2 sobre las variables morfológicas en acelga, después de 60 días de trasplante en campo abierto. A) Número de hojas, B) Alto de hojas (cm), C) Ancho de la hoja (cm), D) Peso de la planta (Kg). T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H_2O_2 , T₃- 150 mM H_2O_2 , T₄- 200 mM H_2O_2 , T₅- 225 mM H_2O_2 , T₆- 450 mM H_2O_2 , T₇- 600 mM H_2O_2 . Letras diferentes indican 45

diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Figura 6.8. Actividad enzimática en hojas de acelga pasados 60 días del trasplante y elicitadas con diferentes dosis de H₂O₂: A) SOD, B) CAT, C) PAL. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

47

Figura 6.9. Contenido de fenoles totales (CFT, mg GAE/g) de extractos metanólicos procedentes de hojas de acelga. GAE (Equivalentes de ácido gálico). Resultados ploteados como medias. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

50

Figura 6.10. Actividad antioxidante DPPH y ABTS de los diferentes extractos de acelga. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

51

Figure 6.11. A) Peso de la canal caliente (Kg), B) Peso del canal frío (Kg), C) rendimiento de la canal caliente (%) y D) Rendimiento del canal frío (%). T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H₂O₂, T₃- Concentrado 50% + FVHC. FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada). Todos los tratamientos

fueron *ad libitum*. Resultados ploteados como medias. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Figura 6.12. Cuantificación de la actividad enzimática en la carne de conejo alimentados con T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H₂O₂, T₃- Concentrado 50% + FVHC. FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada): A) Superóxido dismutasa (SOD), B) Catalasa (CAT). Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

58

Figura 6.13. Contenido de fenoles totales (CFT, mg GAE/g) de extractos metanólicos procedentes de la carne de conejo alimentados con: T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H₂O₂, T₃- Concentrado 50% + FVHC. GAE (Equivalentes de ácido gálico), FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada). Resultados ploteados como medias. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

61

Abreviaturas y siglas

$[Ca^{2+}]_{\text{cyt}}$	Calcio libre en el citosol
$\cdot\text{HO}$	Radicales hidroxilo
$^1\text{O}_2$	Oxígeno simple
ATP	Adenoseno trifosfato
CAT	Catalasa
DAG	Diacilglicerol
ERO	Especies reactivas de oxígeno
H_2O_2	Peróxido de hidrógeno
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
MeJA	Ácido metil-jasmónico
MeSA	Metil-SA
PAL	fenilalanina-amonioliasa
POD	Peroxidasa

RESUMEN

La carne de conejo tiene un alto valor nutricional, con un alto contenido de proteínas y lípidos. Además, es reconocido su alto valor biológico por los aminoácidos, micronutrientes, vitaminas y minerales que contiene. Este valor nutricional puede ser exponencial con la ingesta, por parte de los conejos, de pienso en combinación con pellets. Entre las opciones de alimentación, la cebada es uno de los forrajes hidropónicos más utilizados y se considera un alimento funcional, de igual manera la acelga también es considerada como alimento funcional y puede ser una opción viable en la alimentación de los conejos. Así, muchas estrategias en la producción de cultivos, como aplicaciones de estrés, podrían incrementar los potenciales nutraceuticos y funcionales de la acelga y del forraje verde hidropónico de cebada para consumo tanto de humanos como de animales. La imitación del estrés durante el cultivo mediante el manejo de factores de estrés aplicados de manera controlada se denomina elicitación controlada, ésta estrategia induce convenientemente el sistema inmunológico de la planta. Uno de los factores de estrés lo constituye el uso de H_2O_2 , el cual es una molécula de señalización vegetal comúnmente utilizada en la elicitación controlada con resultados útiles para fines agrícolas. El objetivo general de éste estudio fue evaluar la funcionalidad de la carne de conejo, mediante el suministro al animal de alimentos con alto contenido de bioactivos para que proporcione mayores beneficios a la salud humana.

Como resultados se obtuvieron los siguientes:

1. Se puede sustituir el 50% de concentrado por acelga o forraje verde hidropónico, *ad libitum*, sin afectar los parámetros productivos de los conejos en engorda.
2. El tratamiento a semillas de cebada con 75 mM H_2O_2 para de forraje verde hidropónico, incrementó significativamente la capacidad antioxidante, la actividad de la enzima PAL y la cantidad de fenoles, trascurridos 11 días de la siembra de las semillas.

3. El tratamiento de elicitación a las acelgas con 50 mM H₂O₂, incrementó significativamente la capacidad antioxidante, la actividad de la enzima PAL y la cantidad de fenoles.
4. El suministro a los conejos de forraje verde hidropónico, tratadas las semillas o sin tratar con 75 mM H₂O₂, incrementó la capacidad antioxidante, y la cantidad de fenoles en la carne de conejo, después de 42 días de la engorda de los conejos.

Finalmente se puede concluir que es factible la reducción del 50% del concentrado, en la alimentación de los conejos, por acelga o forraje verde hidropónico de cebada. Además, la elicitación del forraje de cebada y de la acelga con H₂O₂ incrementa algunos bioactivos importantes de estos alimentos. De la misma forma el suministro a los conejos de forraje verde hidropónico de cebada, cuyas semillas son tratadas o no con H₂O₂, incrementa la cantidad de metabolitos y la capacidad antioxidante de la carne de conejo.

Palabras clave: Forraje verde hidropónico de cebada, antioxidantes, acelga, cebado de germinación, catalasa, superóxido dismutasa y fenilalanina amonio-liasa, chalcona isomerasa, fenoles totales, flavonoides

SUMMARY

Rabbit meat has a high nutritional value as proteins and lipids. In addition, it is recognized as having a high biological value for its amino acids, micronutrients, vitamins and minerals. This nutritional value can be exponential with the intake by rabbits of feed in combination with pellets. Barley is one of the most widely used hydroponic forages and is considered a functional food. This type of food is in demand in the global market. Thus, many strategies in crop production such as stress applications could increase nutraceutical and functional potentials, such as hydroponic barley forage for human and animal consumption. Imitation of stress during cultivation by managing stress factors applied in a controlled manner is called controlled elicitation, a strategy that conveniently induces the plant's immune system. Hydrogen peroxide is a plant-signaling molecule commonly used as a stress factor in controlled elicitation with useful results for agricultural purposes. The objective of these studies was to evaluate the rabbit meat functionality, by means of the supplying to the animal with feeding rich in bioactives. These can provide best benefits on the human health.

As results was obtained the following:

1. It is possible the 50% substitution of concentrated feed for chard or Barley hydroponic green fodder, *ad libitum*, without reduction of the rabbit productive indicators during the fattening period.
2. The 75 mM H₂O₂ treatment to the barley seeds, increased significantly the antioxidant capacity, PAL enzymatic activity and total phenols of the hydroponic green fodder obtained after eleven days of seeds sowing.
3. The 50 mM H₂O₂ elicitation treatment to the chards increased significantly their antioxidant capacity, PAL enzymatic activity and total phenols.
4. The rabbit supplying with barley hydroponic green fodder, with their seeds are treated or not with 75 mM H₂O₂, increased the antioxidant capacity and total phenols on rabbit meat after the 42 days of the fattening period.

Finally, it can be said that is economically feasible the 50% concentrated food reduction, on rabbits feeding, for chard or barley hydroponic green fodder. Besides, the treatment of barley seeds and the chards elicitation with hydrogen peroxide increased the bioactives in these foods. The same manner, the rabbits supplying with barley hydroponic green fodder, with their seeds are treated or not with hydrogen peroxide, increased the metabolites quantity and the antioxidant capacity of the rabbit meat.

Key words: Hydroponic green barley forage, antioxidants, chard, germination priming, catalase, superoxide dismutase and phenylalanine ammonia-lyase, chalcone isomerase, total phenols, flavonoids.

I. INTRODUCCION

De acuerdo con lo reportado por la FAO, en el 2019, la producción mundial de carne de conejo fue de 1.4 millones de toneladas, siendo Asia el continente de mayor producción (83.5%), seguido de Europa (8.5%), África (6.1%) y América Latina (1.9%); por países, China es el mayor productor mundial con más de 849 mil toneladas anuales (FAO, 2021). México se encuentra dentro de los primeros 10 productores de carne de conejo en el mundo con 1,335 millones de cabezas entre 1994 y 2019 .(FAO, 2021). Aunque es conocido que el consumo de carne de conejo puede derivar en mayores beneficios para la salud comparado con el consumo de otras carnes como la de cerdo o de vacuno, debido a su alto contenido de proteínas (21%) baja en ácidos insaturados, rica en ácidos polinsaturados y la ausencia de ácido úrico y purinas (Petrescu and Petrescu-Mag, 2018). Sin embargo, a nivel mundial el consumo per cápita es de solo 300 g mientras que el de carne de pollo es de 13.5 Kg, de cerdo 12.5 Kg y de vacuno 6.4 Kg (OECD, 2015).

Se considera como funcional a un alimento que contiene cantidades conocidas o desconocidas de compuestos biológicamente activos, los cuales en cantidades no tóxicas y definidas proporcionan un beneficio a la salud clínicamente probado y documentado en cuanto a la prevención, manejo o tratamiento de una enfermedad crónica (Martirosyan and Singh, 2015).

Relacionado con los alimentos funcionales están los compuestos nutraceuticos, los cuales presentan actividad biológica benéfica para el organismo (DeFelice, 1995). La mayoría de estos compuestos nutraceuticos son de origen vegetal, entre los cuales se encuentran los compuestos fenólicos (Martins et al., 2018). Estos al igual que los terpenos y los compuestos nitrogenados son conocidos como metabolitos secundarios debido a que estos compuestos bioquímicos se originan del metabolismo primario y no tienen relación directa con el crecimiento y desarrollo de las plantas ni con sus funciones vitales (Taiz and Zeiger, 2010). Sin embargo, estos compuestos juegan un papel importante en la protección contra patógenos, en la atracción de insectos polinizadores y/o dispersores de semillas, entre otras funciones (Salas-Pérez et al., 2018).

Existen varias formas de introducción de modificaciones cualitativas y cuantitativas químicamente en la carne o en sus derivados para alcanzar un producto funcional. Básicamente estas estrategias se enfocan en limitar la concentración de compuestos con efectos fisiológicos adversos y el incremento de la concentración de aquellos con efectos más benéficos (Dabbou et al., 2017; Miah et al., 2020). De estas estrategias, las relacionadas con el enriquecimiento o fortificación de la dieta son las que muestran el mayor potencial en la producción de carne de conejo para producirlo como alimento funcional (Cardinali et al., 2015; Vizzari et al., 2021).

El creciente interés de los consumidores por la relación entre la alimentación y la salud los han llevado a un cambio paulatino de sus hábitos alimenticios, con la consecuente demanda de alimentos funcionales con altos contenidos de moléculas nutraceuticas y actividad funcional, capaces de prevenir diferentes patologías. En la actualidad, es de suma importancia para los consumidores la inocuidad de los alimentos y el bienestar animal, lo que vinculado con el sistema de crianza representan la base para asumir que se está adquiriendo un producto de calidad, sano y seguro (Dalle Zotte et al., 2015; Mroczek et al., 2021). Esta situación ha incrementado la motivación de los investigadores y técnicos para buscar alternativas de alimentación que involucren compuestos dietéticos suplementarios capaces de asegurar la salud animal y su desempeño productivo (Lipiński et al., 2017; Petracci et al., 2018).

Por lo anterior en este trabajo se pretende generar información relacionada con el incremento del carácter funcional de la carne de conejo mediante el manejo de la dieta con alimentos elicitados para incrementar la concentración de metabolitos secundarios en los mismos y que puedan tener una repercusión en la calidad funcional de la carne de conejo.

II. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades del conejo (*Oryctolagus cuniculus*)

2.1.1. Taxonomía

Los conejos son pequeños mamíferos de la familia Leporidae y pertenecen al orden Lagomorpha, éstos animales se encuentran en muchas partes del mundo. Existen ocho géneros diferentes, dentro de los cuales se encuentra el conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) (Echeverri et al., 2008). La descripción taxonómica de este animal se muestra en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Descripción taxonómica del conejo (*Oryctolagus cuniculus*).

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Lagomorpha
Familia	Leporidae
Género	<i>Oryctolagus</i>
Especie	<i>Oryctolagus cuniculus</i>

2.1.2. Alimentación

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) como animal monogástrico realiza una digestión menos eficiente que los rumiantes. La digestibilidad de las fibras depende de la cantidad de lignina, teniendo una mayor eficiencia cuando los pastos son pobres en este elemento y con alto contenido de celulosa y hemicelulosa, para lo cual se apoyan en su aparato digestivo que está formado por boca, esófago, estómago, intestino delgado (Duodeno, yeyuno, e íleon, intestino grueso (ciego, colon y recto), hígado, páncreas y ano (Rahman et al., 2015).

Un aspecto importante en su metabolismo es la ingestión de heces blandas (cecotrofos) directamente del ano, lo cual se conoce como cecotrofia, ésta se realiza durante la noche o temprano en la mañana. Mediante ésta digestión, los conejos hacen un mejor aprovechamiento de los alimentos y recuperan de los mismos nutrientes, vitaminas, minerales y aminoácidos (Shang et al., 2017).



Figura 2.1. Conejo (*O. cuniculus*), raza New Zealand.

2.1.3. La carne de conejo

La carne de conejo es baja en calorías, alta en proteínas y rica en ácidos grasos polinsaturados comparado con otras carnes (Combes, 2004). En el Cuadro 2.2 se muestra la comparación anteriormente mencionada.

Cuadro 2.2. Comparación de la composición química de la carne de cinco especies animales domésticas.

Carne	Proteína (%)	Grasa (%)	Colesterol (mg / 100 g)	Sodio (mg / 100 g)	Aporte energético (kcal/100g)
Conejo	21	3-6	34-45	40	130-200
Pollo	16	9-11	81-100	83	150-195
Cerdo	14	30-38	65-110	76	290
Bovino	18	12-19	69-98	90	170
Ovino	16	20-25	75-78	78	250

Fuente: (Dalle Zotte et al., 2015)

Como se aprecia en el Cuadro 2.2, la carne de conejo es la de mayor porcentaje de proteína comparado con las otras; además, es la de menor porcentaje de grasa y la de menor cantidad de colesterol y sodio por cada 100 gramos. Todo lo cual la hace un referente para prevenir y/o combatir enfermedades como la Diabetes

mellitus, hipertensión arterial, entre otras enfermedades contemporáneas (Dalle Zotte et al., 2015).

Este tipo de carne puede ser considerado como un alimento funcional ya que además de su alto contenido de proteína, que puede alcanzar valores de 22.4%, también contiene altos niveles de aminoácidos esenciales. Comparado con otras carnes, tiene mayor cantidad de lisina, treonina, valina, isoleucina, leucina y fenilalanina (Dalle Zotte et al., 2014). Esta alta y balanceada cantidad de aminoácidos esenciales combinado con su fácil digestibilidad, le confieren un alto valor biológico a la carne de conejo. Además, ésta carne no contiene ácido úrico y es baja en contenido de purina (Brenes et al., 2016).

También presenta altos niveles de vitaminas, los cuales dependen en gran medida de los suplementos alimentarios que se les proporcionan a los conejos. Por ejemplo, el contenido de vitamina E puede incrementarse por encima del 50 % en dependencia de la dieta que se les ofrezca a los animales. La vitamina E es esencial para la reproducción y es además un anti-oxidante (Cardinali et al., 2015; Mourvaki et al., 2010).

El consumo de 100 g de carne de conejo al día puede suplir los requerimientos de vitaminas para una persona adulta en los siguientes porcentajes: Cobalamina (vitamina B₁₂) 8%, ácido pantoténico (vitamina B₅) 12%, piridoxina (vitamina B₆) 21% y de niacina (vitamina B₃) 77%. El consumo de 100 g de carne de conejo aporta tres veces más vitamina B₁₂ de lo que se recomienda ingerir diariamente (Dalle Zotte et al., 2016, 2015).

Las vitaminas del grupo B juegan un rol importante en la salud, y su deficiencia está ligada a desórdenes psiquiátricos y de depresión. Su deficiencia en el organismo también puede tener influencia en la discapacidad cognitiva y en la demencia. Tales como, la deficiencia del niacina (Vitamina B₃) que está ligada a esquizofrenia, depresión maniática, depresión y a condiciones de ansiedad y tensión. De la misma forma está envuelta en la defensa del organismo protegiéndolo de patógenos; de hecho, la ingestión de altas dosis protege contra *Staphylococcus aureus* (Dalle Zotte and Szendro, 2011).

Asimismo, el ácido pantoténico (vitamina B₅) es comúnmente usado como factor anti-estrés y para el normal desarrollo del sistema nervioso central. Está envuelto en la formación de acetilcolina la cual está ligada a la depresión. Su deficiencia puede causar fatiga y depresión. Adicionalmente, la piridoxina (vitamina B₆) está envuelta en la regulación del estado de ánimo y es la de mayor implicación en la causa y tratamiento de la depresión. La deficiencia de la misma está ligada a convulsiones, migraña y depresión (Maqbool et al., 2017).

La cianocobalamina (vitamina B₁₂) es necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso y su deficiencia ocasiona severos síntomas de depresión, conductas suicidas, cognición reducida, fatiga mental, mal humor, mania, psicosis y agitación intensa, al igual que a síntomas intensos de melancolía (Gutiérrez-Salmeán et al., 2015).

Además, la carne de conejo contiene enzimas como la catalasa y la glutatión peroxidasa, que son compuestos con efectos antioxidantes, los cuales controlan las fuentes endógenas de peróxidos lipídicos, radicales libres y H₂O₂ que son moléculas prooxidantes (Kaciene et al., 2014).

La catalasa (CAT) realiza el metabolismo del H₂O₂, encontrándose en las mitocondrias y en los peroxisomas. Esta enzima contiene moléculas de NADPH y se caracteriza por su alta capacidad de reacción y poca afinidad al sustrato. Tiene función catalítica y peroxidativa, encontrando como donadores a otras moléculas de H₂O₂ en la catalítica y a donadores de moléculas de hidrógeno como al metanol, etanol, ácido fórmico, fenol y formaldehído en su función peroxidativa (Racchi, 2013) (Figura 2.2).

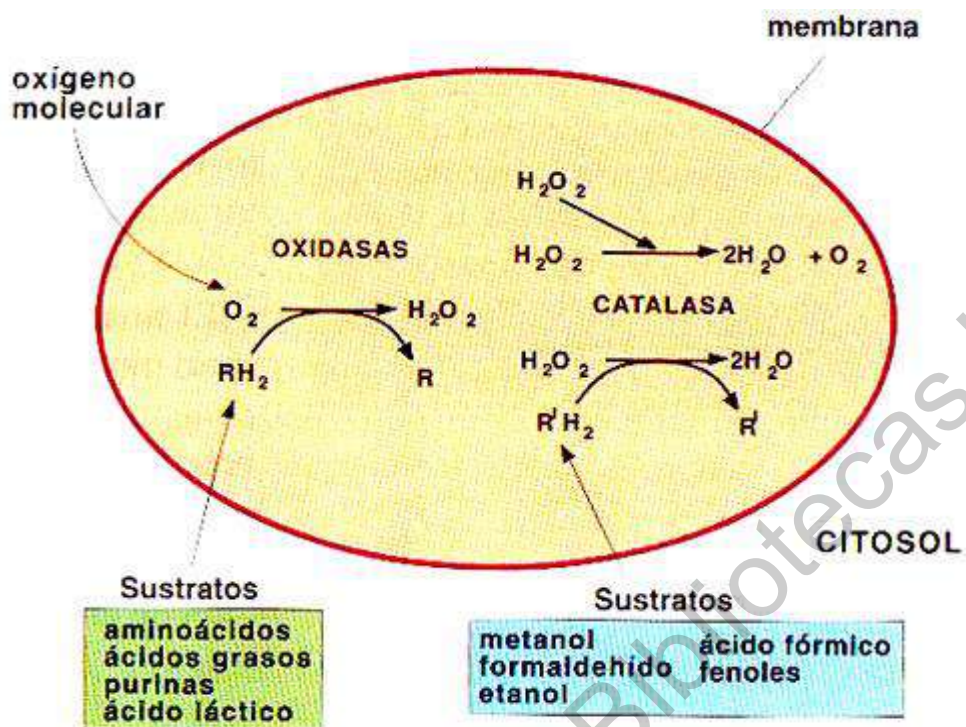


Figura 2.2. Ruta metabólica de la enzima catalasa. Modificado de (Havir and McHale, 1989).

La enzima glutatión peroxidasa, es dependiente del selenio y cataliza la reducción del H_2O_2 y la del lipoperóxido ($L-OOH$), su actividad reductora se basa en altas concentraciones de glutatión reducido (GSH) el cual es un tripéptido celular con un grupo sulfhidrilo con capacidad antioxidante (Dorey et al., 1999; Jalal et al., 2021) (Figura 2.3). En la figura 2.3 se muestra la reacción catalizada por la enzima GPx que permite la detoxificación del H_2O_2 y de distintos hidropéroxidos a través de la oxidación del glutatión.

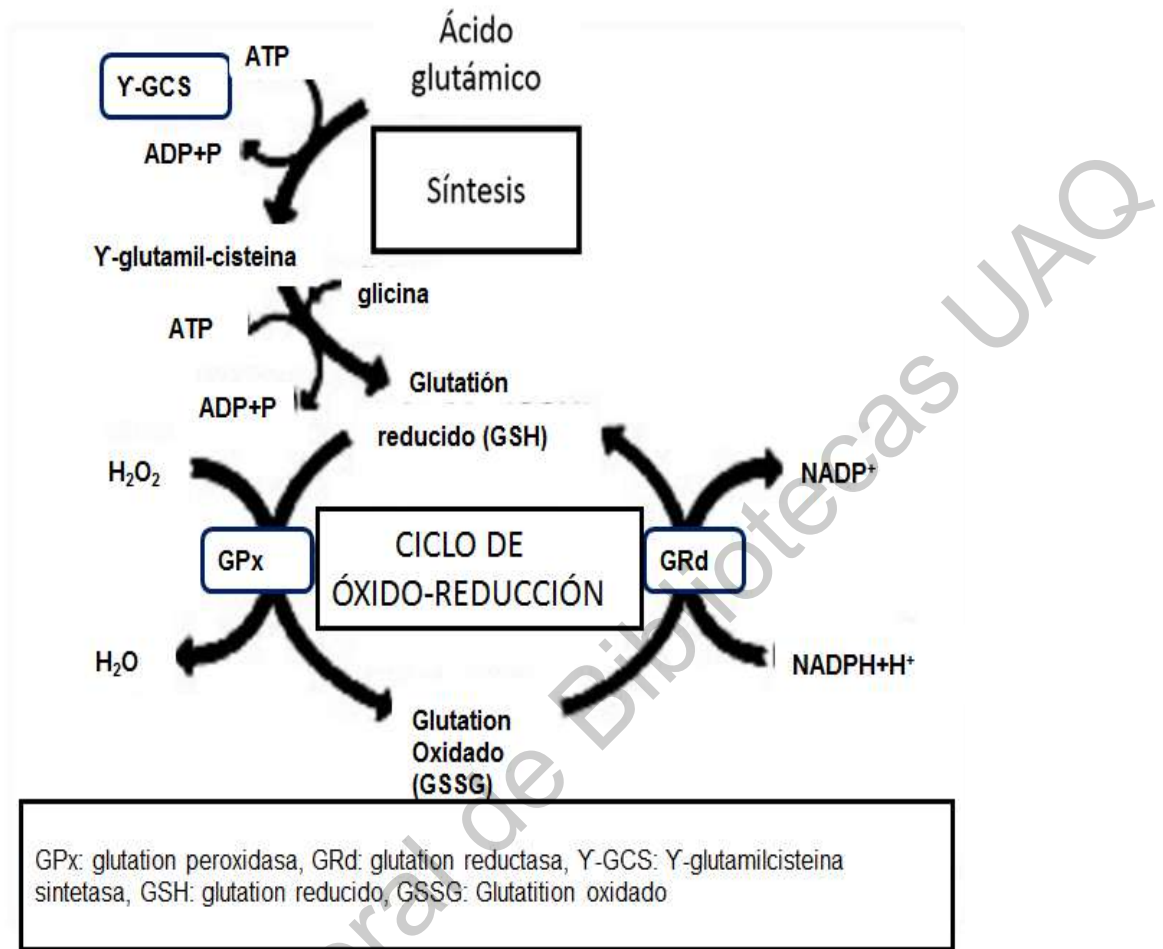


Figura 2.3. Síntesis y ciclo oxido-reducción del glutatión. Tomada de (Noctor et al., 2002).

Adicionalmente, la carne de conejo es una fuente importante de minerales; sin embargo, el hierro, presenta menos cantidad que la carne vacuna, borrego y de carnero, estas últimas contienen 1.8, 2.0 y 3.3 mg/100g respectivamente (Williams, 2007) en comparación de 1.3 mg/100g a la carne de conejo (Perez et al., 1995). La diferencia estriba en que el hierro que se encuentra en esta última es de más fácil digestión debido a que es fundamentalmente hierro ligado a las proteínas de la hemoglobina y se absorbe en un rango de 7-35%, mientras que el hierro contenido en las otras carnes no está ligado a la hemoglobina y se absorbe entre un 2-20%, por dicha razón la carne de conejo puede contribuir a suplir los requerimientos diarios de hierro, lo cual la hace recomendable para enfrentar problemas de anemia

(Buzala et al., 2016). Comparado con el hierro no hemo, la polimerización alcalina en el hierro hemo es mínima, tampoco reducen su biodisponibilidad las sustancias húmicas como los taninos, fitatos y los quelantes (Buzala et al., 2016). Del mismo modo, la presencia de proteínas mejora la absorción del hierro hemo (Simonová et al., 2020). Este tipo de hierro se forma por la metilación de la protoporfirina con el Fe^{2+} por medio de la enzima ferroquelatasa (Ortega-Rodés et al., 2014). La Figura 2.4 representa el hierro hemo.

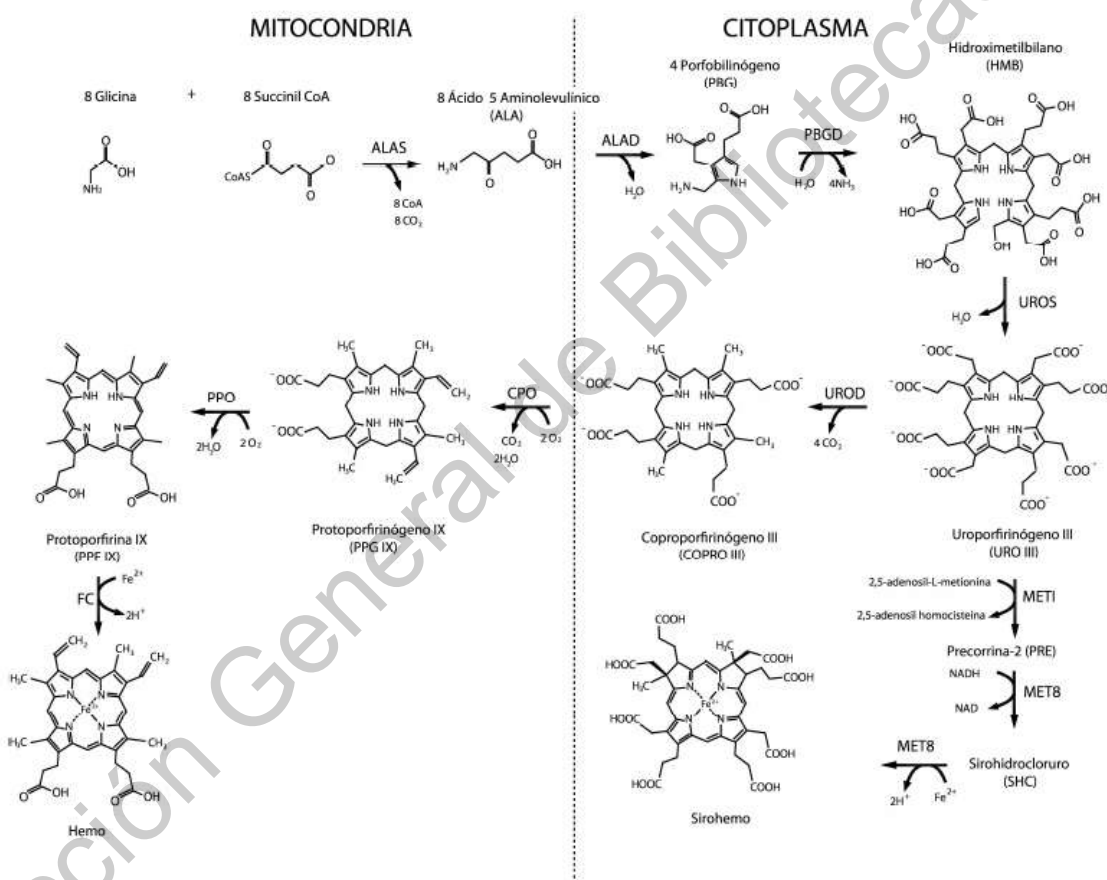


Figura 2.4. Ruta de biosíntesis del grupo Hemo. Modificada de (Franken et al., 2011).

También ésta carne presenta bajo contenido de sodio por lo que es recomendada para personas que sufren de hipertensión arterial. Igualmente presenta altos contenidos de fósforo. El consumo de 140 g de carne de conejo alimentado con dietas enriquecidas con selenio, puede suplir las necesidades

diarias de este elemento para un adulto. En el caso de los ácidos grasos, el contenido de ácidos grasos insaturados en la carne de conejo es aproximadamente el 60 % del total y el contenido de ácidos grasos polinsaturados es del 27 al 33%, lo que es mucho mayor que en cualquier otro tipo de carne (Dal Bosco et al., 2018).

El ácido linoleico es el principal ácido graso de la carne de las diferentes especies de animales, este se deriva totalmente de los alimentos que se les suministren. En conejo, está presente entre el 22-27% del total de ácidos grasos. Al igual que el ácido linoleico, el ácido α -linoleico es también un ácido graso esencial y abunda en las dietas que se les suministran a los conejos, por ser el principal ácido graso de la alfalfa, la cual es uno de los componentes principales en la dieta de los conejos. La carne de conejo contiene mayor cantidad de ácido α -linoleico (3.3-5.0%) que otras carnes como la de borrego, puerco y la vacuna (Abdelatty et al., 2019). Otro de los beneficios de la carne de conejo es que presenta los niveles de colesterol más bajos que cualquier otra carne que se consuma normalmente (Petrescu and Petrescu-Mag, 2018).

El ácido linoleico es el ácido graso polinsaturado más abundante en la nutrición humana y es el precursor de las familias de los ácidos grasos n-6. La primera demostración de la necesidad del suministro de ácido linoleico en la dieta fue demostrada por Burr y Burr en 1920-1930 (Burr et al., 1932). Ellos demostraron que en ratas el simple hecho del suministro de ácido linoleico en la dieta del animal, fue capaz de prevenir o corregir los síntomas fisiológicos de deficiencias de ácidos grasos totales. Más aún, el ácido linoleico es promotor de las oxalaminas, las cuales tienen un papel fundamental en la formación de las células y en la disminución de la arteriosclerosis (John, 2012).

A su vez, el ácido linoleico es precursor del ácido araquinódico, el cual es liberado desde la membrana fosfolipídica por medio de la acción de la enzima A2 fosfolipasa (Murakami et al., 1998). Se considera además que un balance adecuado entre estos ácidos polinsaturados puede contribuir a la reducción de la obesidad y de enfermedades cardiovasculares (Gammone et al., 2015).

El ácido linoléico conjugado (CLA) pertenece al grupo de isómeros geométricos y posicionales del ácido linoléico, éstos presentan un doble enlace con un simple enlace de carbono entre ellos en vez de un enlace metílico (Lehnen et al., 2015). Las mayores fuentes de este ácido se encuentran en los productos derivados de animales rumiantes, más en los monogástricos; los vegetales y el pescado presentan bajas concentraciones (Scollan et al., 2006; Siurana and Calsamiglia, 2016). A este ácido se le atribuyen propiedades anticancerígenas, antidiabéticas; tiene influencias sobre el sistema inmune, enfermedades cardiovasculares y sobre la salud de los huesos (Lehnen et al., 2015).

Por lo anteriormente explicado, se puede señalar que incremento de la producción y consumo de la carne de conejo pueden mejorar la calidad de vida de la población mexicana, aunque no toda la carne de conejo que se produce se podría catalogar como funcional ya que existen diversos factores que influyen en la disminución de la calidad de ésta ya que durante el manejo del animal en las unidades de producción y sobre todo en las que son de tipo intensivo, los animales pueden estar sometidos a diferentes situaciones de estrés provocando desbalances en la microbiota intestinal, desarrollo de microorganismos patógenos, inmunosupresión, ineficiente conversión de alimentos y disminución de la respuesta zootécnica (Tazzoli et al., 2015).

2.1.4. Calidad de la carne de conejo

Para evaluar la calidad de la carne de este animal se han utilizado diversas metodologías; por ejemplo, se realizó un estudio del efecto de la dieta suplementaria con brotes de lino y alfalfa sobre los contenidos de ácidos grasos, tocoferol y de fitoquímicos de la carne de conejo, obteniéndose valores superiores de ácido tio-barbitúrico, mayores valores de ácido linoléico, ácidos polinsaturados y de ácidos grasos n-3 cuando fueron suministrados a los conejos dietas con alimentación convencional sumado a 20 g/diarios de brotes de lino. Adicionalmente también mejoró la relación n-3/n-6, con lo cual se mejora la salud y confort animal. Adicionalmente, la incorporación de brotes de alfalfa y de lino a la dieta comercial

modificó el contenido de grasa, de ácidos grasos y el perfil fitoquímico de la carne. Sin embargo, el suministro de brotes de lino empeoró el status oxidativo de la carne (Dal Bosco et al., 2018). Este último aspecto es muy importante ya que además del incremento de los bioactivos en la carne, este aporte no debe ser en detrimento de las propiedades gustativas, olfativas y colorimétricas de la carne.

Otro estudio probó que la adición de pulpa de arándano en la dieta de los conejos mejora la composición lipídica su carne, sin afectar sus propiedades físico-químicas y sensoriales; tampoco afectó su status oxidativo (Dabbou et al., 2017).

Aunque la alta concentración de grasa polinsaturada en la carne de conejo es una ventaja esto hace que la carne sea muy sensible a la oxidación lipídica, lo que afecta la apariencia y el sabor de la misma. Además, su pH es más alto que el de otras carnes como la de bovino y de porcino (5.5-5.7), lo cual la hace más propensa al deterioro y al crecimiento de bacterias (Petracci et al., 2009).

Con el objetivo de disminuir estas afectaciones, a nivel comercial se usan varios productos sintéticos con efecto antioxidante, pero debido a la gran preocupación que tienen los consumidores respecto a los posibles efectos tóxicos de los antioxidantes de origen sintético, los de origen natural van ganando cada vez más espacio (Borzi et al., 2019; Munekata et al., 2020). Por ejemplo, Cao et al. (2013) estudiaron el efecto de Chitosan 0.5 y 1%, extractos acuosos de jengibre, ajo y cebolla (GOG) al 5 y 10% y sus soluciones compuestas (Mezcla 1 = 1% CHI+10%GOG, Mezcla 2 = 0.5% CHI+5% GOB) sobre la calidad y el tiempo de anaquel de la carne de puerco estofado. Todos los tratamientos retardaron los incrementos de pH, nitrógeno total básico volatilizado (TBV-N), valor de peróxido (PV) y de 2-ácido tiburítico (TBA). El extracto de jengibre, ajo y cebolla mostró una actividad antioxidante mayor que el extracto de Chitosan. Las dos mezclas tuvieron un efecto antioxidante positivo, sin embargo, la mezcla 1 debido a su alta concentración tuvo un efecto adverso sobre el olor y la aceptación del producto (Cao and Li, 2013).

2.2 Alimento funcional

El término de alimento funcional fue acuñado por primera vez en Japón en el año 1984 y se definió como productos fortificados con constituyentes especiales que poseían efectos fisiológicos (Bigliardi and Galati, 2013). Cuando el concepto migró a Europa los investigadores definieron que un producto alimenticio sólo podía considerarse como funcional si además de su impacto nutricional básico, también tenía efectos beneficiosos sobre una o más funciones del organismo humano mejorando así sus condiciones generales y físicas y/o disminuía el riesgo de la evolución de enfermedades (Corbo et al., 2014).

2.2.1 Síntesis de los ácidos grasos

Los ácidos grasos son los principales componentes de los lípidos complejos, están formados por cadenas hidrocarbonadas de longitudes diversas en las que uno de los extremos es un grupo metilo y en el extremo opuesto se encuentra un grupo carboxilo. Cuando el ácido graso no tiene dobles ligaduras, se dice que es un ácido graso saturado y cuando existen dobles ligaduras se denomina como ácido graso insaturado, si contiene una doble ligadura se trata de un ácido graso mono-insaturado, los que presentan dos o más dobles ligaduras se denominan ácidos grasos polinsaturados. Estos últimos son un grupo de ácidos grasos esenciales que influyen sobre el desarrollo del cerebro, además, protegen contra enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer, entre otras (Rasinska et al., 2019).

La biosíntesis de los ácidos grasos (lipogénesis) ocurre en el citosol, donde los derivados del acetil-CoA están ligados a un complejo enzimático que emplea la NADPH como coenzima y requiere tanto de ATP como HCO_3^- , siendo responsable de la elongación de los ácidos grasos un sistema enzimático del retículo endoplasmático (Jarc and Petan, 2019; Rasinska et al., 2019).

En el caso de la elongación de los ácidos grasos por el ácido graso sintasa, es un proceso catalizado por enzimas elongasas situadas en la parte citosólica de la membrana del retículo endoplasmático empleando malonil-CoA como donador de acetilos y NADPH como reductor. Las enzimas desaturasas también localizadas en

esta membrana, introducen dobles enlaces en los Acetil-CoA de cadena larga, para lo cual emplean oxígeno, NADH o NADPH y el citocromo b5 (Kozłowska et al., 2016), (Figura 2.5).

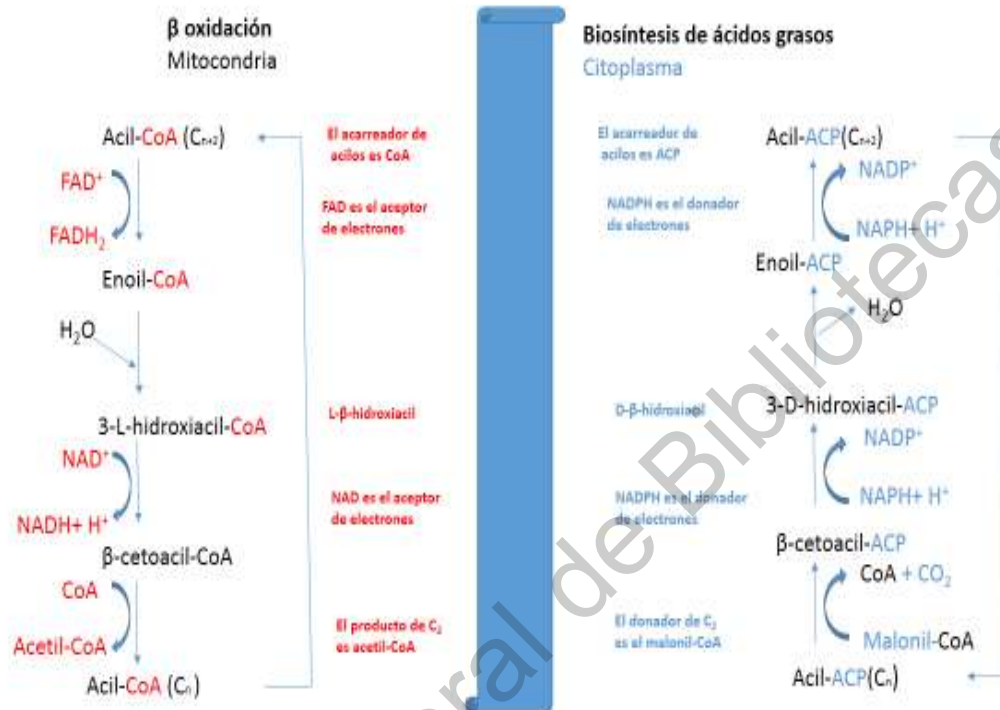


Figura 2.5. Biosíntesis de ácidos grasos. Fuente: (Heil et al., 2019; Van der Hoeven and Steffens, 2000).

2.3 Metabolitos secundarios

En la medida en que hemos hecho más eficiente la agricultura, con mayores rendimientos, hemos reducido la producción de metabolitos secundarios, ya que las plantas cada vez tienen más confort y, por tanto, esa energía que tenían que gastar en la producción de esos metabolitos, las cataliza para producir rendimientos. Es decir, las plantas para producir los metabolitos secundarios necesitan condiciones de estrés (Kabera et al., 2014; Taiz and Zeiger, 2010). Estos fitoquímicos además de defender a las plantas cuando están en condiciones de estrés, también son útiles para los animales y para los humanos ya que contribuyen a mejorar la salud (Chauhan et al., 2017).

Investigaciones recientes se han enfocado en la inducción de la síntesis de metabolitos secundarios, los cuales además de poseer propiedades bioactivas, con los cuales son útiles para la salud de los animales y los seres humanos, también se activan por el mecanismo de defensa de las plantas con lo que se podrían reducir el uso de plaguicidas (Mazid et al., 2011). Estos fitoquímicos se derivan de los metabolitos primarios por medio de la modificación, tales como: metilación, hidroxilación y glucosilación (Obata, 2019).

Los metabolitos secundarios se clasifican en tres grupos: terpenos, compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados (Dewick, 2009). Los compuestos fenólicos presentan beneficios como antiproliferativos, antimutagénicos, antioxidantes, cardioprotectores, hipocolesterolémicos y presentan actividad antidiabética (Tomás-Barberán and Espín, 2001).

En el caso de los terpenos, estos presentan actividad antioxidante, efecto preventivo contra cáncer, actividad cardioprotectora, contra enfermedades de los ojos, antimicrobial y antidiabético (Lu et al., 2016).

Por su parte los compuestos nitrogenados tienen potencial antioxidante, antitumoral, anticancerígeno, antiinflamatorio, control de la artritis reumatoidea y de la hipertensión arterial (Petkowski et al., 2018).

2.4 Elicidores

Una de las formas para provocar la activación del mecanismo de defensa de las plantas y por tanto la síntesis de los metabolitos secundarios es mediante el uso de elicidores (Vázquez-Hernández et al., 2019) los cuales son sustancias que imitan la acción de un patógeno o de un herbívoro sobre las plantas. Estos de acuerdo a su origen biológico se pueden clasificar en bióticos (polisacáridos, microorganismos, glicoproteínas) o abióticos (temperatura, fungicidas, antibióticos, metales pesados, estrés por pH, entre otros) (Guevara-González et al., 2020).

Se han descubierto muchas sustancias con efecto elicitor, entre ellas podemos citar a los jasmonatos tales como el methyl jasmonato (MJ) y el ácido jasmónico (JA). Otros grupos incluyen al ácido salicílico (SA), benzotiadizol (BTH), etephon,

H₂O₂; oligosacáridos como el quitosan, entre otros compuestos. Por ejemplo, se conoce que aplicaciones de quitosan pueden incrementar el peso de las posturas de tomate (El-Tantawy, 2009) y también protegerlas de enfermedades radiculares. Su aplicación en pera ha reducido la muerte por mildiu (Hidangmayum et al., 2019). Otros estudios indican que el quitosan puede inducir respuestas tanto fisiológicas como morfológicas que les permiten a las plántulas de maíz sobrevivir bajo condiciones hipóxicas, es decir, con bajas concentraciones de oxígeno. También se ha comprobado que la aplicación foliar con ácido salicílico disminuye la susceptibilidad a patógenos y a condiciones de estrés abiótico, además, incrementa la tolerancia de los frutos a bajas temperaturas e incrementa su período de almacenamiento (Ahmad et al., 2013).

Sin embargo, no siempre los resultados del uso de los elicitors son los que se esperan, en ocasiones pueden tener efectos fitotóxicos, por ejemplo, el uso de dosis no recomendadas de etephon puede resultar en un impacto negativo sobre el desarrollo y floración del tomate (Jędrszczyk et al., 2017).

Estudios recientes demuestran que los tratamientos al suelo con microorganismos rizosféricos incrementa los rendimientos, así como mejora la producción de sustancias bioactivas y protege a las plantas de los patógenos (Hennion et al., 2019).

Los metabolitos presentes en las plantas son absorbidos y contribuyen a incrementar sus mecanismos de defensa y los animales al consumirlas mejoran la calidad de la carne. Aunque en menor cuantía que las plantas, la carne de los animales presenta también sustancias bioactivas, las cuales dependen en gran medida de la alimentación suministrada y del espacio donde se desarrollen los animales. Tal es el caso de la carne de conejo, la cual, por sus propiedades dietéticas y nutricionales, se recomienda el consumo especialmente por niños, adolescentes, mujeres embarazadas, atletas y para personas de la tercera edad (Dalle Zotte and Szendro, 2011).

2.5 Granja integral

Las preocupaciones por los impactos negativos de la agricultura convencional se han incrementado significativamente por medio de iniciativas de organizaciones no gubernamentales para promover la agricultura sustentable (Luciano et al., 2017). Dentro de este contexto es necesaria la creación de fincas sostenibles y competitivas, con ingresos satisfactorios y con reducida dependencia a los subsidios (Walter et al., 2017). Dentro de estas estrategias la agricultura orgánica e integrada son consideradas como sistemas de manejo de producción cohesionado, con un rol reconocido en la reducción de los impactos negativos al medio ambiente (Asian et al., 2019).

La agricultura orgánica tiene el propósito de producir alimentos con el mínimo impacto sobre los ecosistemas, animales o humanos, este tipo de sistema emplea nuevas técnicas de producción diferentes a la agricultura convencional y reconoce los criterios de manejo sostenible los recursos (Gyarmati, 2019).

Por su parte el concepto de sistema integral es designado a la combinación de las mejores prácticas de manejo, menos dependientes a recursos externos que la agricultura orgánica (Plumecocq et al., 2018). Por tanto, la implementación de estos tipos de agricultura constituye una necesidad para el desarrollo futuro de la humanidad, no solo por la protección al medio ambiente, sino también, porque de esta forma se pueden producir alimentos más funcionales.

2.6 Forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico (HGF) juega un importante papel en el camino a la producción animal sostenible (Miah et al., 2020). En la actualidad nos enfrentamos a los disímiles retos para poder alimentar diariamente a los animales con forraje convencional. Entre otros retos podemos mencionar la escasez de recursos hídricos, baja disponibilidad de tierra para producir forraje, mayor requerimiento de labores productivas, uso de fertilizantes químicos y orgánicos, entre otros factores; por todo lo antes expuesto es que el forraje verde hidropónico se está convirtiendo

en una excelente opción para la producción de forraje destinado a la alimentación animal (Salas-Pérez et al., 2018).

El HGF es un forraje o germinado de granos producido mediante el desarrollo de las plántulas en agua o en una solución nutritiva enriquecida; su producción se puede realizar en invernaderos bajo condiciones medioambientales controladas, en estructuras con malla sombra o en dispositivos de bajo costo (Newell et al., 2021).

En el proceso de producción del HGF se transforman los granos en una combinación de alta calidad nutritiva de pasto y raíces, obteniéndose diez veces más forraje que en una granja tradicional (Chrisdiana, 2018).

Debido al germinado de los granos, se obtiene un incremento en la calidad y cantidad de proteínas, minerales, azúcares y vitaminas, además, se logra reducir el costo de la alimentación animal y se obtiene un incremento en la salud y desarrollo de los animales jóvenes (Morales et al., 2009; Sharma et al., 2018).

La tecnología de hidroponía se puede usar para producir muchos tipos de forraje, a mencionar: cebada, avena, trigo, sorgo, alfalfa, maíz, entre otros. Al-Karaki et al. (2012) consideraron a la cebada como la mejor alternativa para producir forraje hidropónico (Al-Tawaha et al., 2018); aunque la selección de la semilla a utilizar depende de la geografía y de las condiciones climáticas de la región donde se va a producir el forraje (Seaman, 2017).

2.7 Acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*)

La acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*) pertenece a la familia Chenopodiaceae, en la cual también se encuentran entre otras la espinaca (*Spinacia olearaceae*) y la remolacha (*Beta vulgaris* var. *rubra*) (Mzoughi et al., 2019).

2.7.1 Botánica

La acelga es una planta bienal con raíces profundas y hojas ovales las cuales poseen nervadura de color blanco. Su siembra puede realizarse durante todo el año, aunque en el período de primavera-verano es cuando se obtienen los mejores rendimientos, la cosecha se realiza cortando las hojas y dejando las raíces y la base del tallo de donde se vuelve a desarrollar uno o varios brotes (Bozokalfa et al., 2016).

2.7.2 Ecología

Esta planta se desarrolla mejor en suelos friables, de buen drenaje y con abundante contenido de materia orgánica, por lo que es recomendable el uso de residuos vegetales, composta o estiércol para mejorar el suelo donde se desarrollará la acelga. Es una planta resistente que puede tolerar suelos con baja disponibilidad de agua y de materia orgánica, pudiendo resistir condiciones de baja luminosidad (Bozokalfa et al., 2016). Los rangos de pH óptimo para su desarrollo oscilan entre 6.0-6.8 aunque también puede tolerar pH neutros o alcalinos (Singh et al., 2019), de igual forma puede tolerar condiciones de alta salinidad (Liu et al., 2013).

2.7.3 Composición química

2.7.3.1 Polifenoles

Las hojas de la acelga son ricas en polifenoles, la concentración de los mismos depende del estado de desarrollo de la planta (Bozokalfa et al., 2011). Se considera que la mayor concentración de polifenoles en la acelga se alcanza entre los 55 – 60 días después del trasplante, resultando los de mayores concentraciones el ácido siringico y el cafeico (Mzoughi et al., 2019).

2.7.3.2 Flavonoides

La acelga es rica en flavonoides glicosilicos derivados de la apigenina, denominados vitexin-2-O-rhamnoside y vitexin-2-O-xyloside (Ninfali y Angelino, 2013). Además, se reportan otros flavonoides como: catequin, myricetin, quertecin y kaempferol (Gamba et al., 2020).

2.7.3.3 Actividad biológica

El consumo de acelga proporciona beneficios para la salud ya que, entre otros, se estimula la haematopoesis (Formación de los componentes celulares de la sangre) y del sistema inmunológico, además, protege al hígado, riñones y a los intestinos de compuestos tóxicos. También presenta actividad mineralizadora y

antiséptica, además de que contribuye al reforzamiento de la mucosa gástrica (Mzoughi et al., 2019).

Los extractos de acelga presentan moléculas bioactivas con actividad antidiabética, antiinflamatoria, antioxidante y anticancerígena (Kang and Song, 2021).

2.7.3.4 Actividad anti-diabética

Yanardag et al., demostraron el efecto hipoglucemiante del extracto de acelga en ratas diabéticas, logrando una reducción del 40% de la glucemia, sin pérdidas en el peso de las ratas ni deficiencia en las funciones del hígado (Gamba et al., 2020). La actividad hipoglucemiante del extracto de acelga se ha atribuido a varios factores, entre ellos a la presencia de saponinas las cuales inhiben la gluconeogénesis y la glucogenólisis (Mroczek et al., 2021). Otra vía podría ser la inhibición de los transportadores de glucosa debido a los flavonoides presentes en el extracto, como por ejemplo el quercetin inhibe al transportador de glucosa intestinal GLUT2 (Gamba et al., 2020). De igual forma los flavonoides presentes en el extracto de acelga podrían inhibir la actividad de la α -amilasa y de la α -glucosidasa (Dorin et al., 2018). La inhibición de estas enzimas podría retrasar la digestión y absorción de carbohidratos y por tanto suprimir la hiperglicemia (Mzoughi et al., 2019). Sin embargo, la causa más probable del efecto hipoglucemiante del extracto de acelga podría ser la presencia de flavonoides C-glicosílicos (vitexin-2-O-glicosido y vitexin-2-O-rhamnoside los cuales inhiben drásticamente a la enzima α -glucosidasa (Mroczek et al., 2021).

2.7.3.5 Actividad antioxidante

El alto contenido de fenoles que presenta el extracto de acelga le conceden la capacidad antioxidante, lo cual ha sido demostrado tanto in vivo como in vitro (Mzoughi et al., 2019). Esta capacidad antioxidante, así como el contenido de fenoles disminuye drásticamente durante el proceso de industrialización en el cual se someten las hojas y tallos a altas temperaturas (Pacheco and Blanco, 2020).

2.7.3.5 Actividad anticancerígena

Se ha demostrado que los flavonoides glicosídicos vitexin-2-O-glicosido y vitexin-2-O-rhamnoside presentes en las hojas de la acelga presentan actividad anticancerígena (Kyriacou et al., 2019). Estos flavonoides se derivan de la apigenina, la cual es una flavona que interfiere la red de señalización de la célula tumoral, induce apoptosis y regula la expresión de las proteínas p53, APO-1, Bcl-2 y p21/CDKN1 (Gamba et al., 2020).

2.8 Biodisponibilidad de nutrientes en la carne

La biodisponibilidad se define como la porción de un nutriente ingerido, el cual es absorbido y utilizado normalmente por las diferentes rutas metabólicas (Rica et al., 2021). La misma está influenciada por factores relativos al animal, como son la edad, sexo, genotipo, estado nutricional y de salud, entre otros y por factores referidos a la dieta, a decir: forma química del nutriente, naturaleza de la dieta, presencia de inhibidores o activadores en la dieta, entre otros (Martínez et al., 2018).

Numerosos experimentos han demostrado el efecto de la dieta sobre la calidad de la carne; por ejemplo, Dabbou et al. (2017) demostraron que el suministro de extractos de alfalfa a los conejos disminuyó la oxidación de la carne sin tener efectos adversos en el desarrollo de los animales (Dabbou et al., 2017). De la misma forma, Menchetti et al. (2020) demostraron que el suministro de fresas de Goji (*Lycium barbarum*), a los conejos en engorda, no afectó el color, la ternéz, ni la capacidad de retención de agua de la carne; pero sí incrementó su capacidad antioxidante y la cantidad de fenoles (Menchetti et al., 2020a).

Por todo lo antes mencionado planteamos la hipótesis referida a la acción de la dieta en la calidad de la carne de conejo.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

El suministro de una dieta complementada con acelga y forraje de cebada elicidados en su desarrollo producirá una carne de conejo que contendrá mayor contenido de metabolitos y mayor capacidad antioxidante debido a que el elicitor H_2O_2 aumentará la cantidad de bioactivos funcionales y la capacidad antioxidante de la acelga y el forraje.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la funcionabilidad de la carne de conejo, mediante el suministro al animal de alimentos con alto contenido de bioactivos.

4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la cantidad de acelga y de forraje verde hidropónico de cebada a incluir en la dieta diaria del conejo sin afectación a sus indicadores productivos.
2. Determinar la concentración de metabolitos secundarios contenidos en el forraje verde hidropónico de cebada con o sin pretratamiento en H_2O_2 .
3. Determinar la concentración de metabolitos secundarios contenidos en la acelga elicitada y sin elicitar con H_2O_2 .
4. Evaluar el comportamiento productivo, variables morfo fisiológicas, así como determinar la calidad de la carne de conejo en animales alimentados con dietas que contienen forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento con H_2O_2 .

V. METODOLOGIA

5.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se localizó en la granja Idgreen perteneciente a la empresa del mismo nombre, la granja está localizada en el camino a la Norita, municipio Corregidora. Querétaro. México (Figura 5.1).



Figura 5.1. Instalaciones de la granja IDGREEN, municipio de Corregidora, Querétaro.

5.2 Determinación de la cantidad de acelga y de forraje verde hidropónico de cebada a incluir en la dieta diaria del conejo sin afectación a sus indicadores productivos

Se estableció un diseño de bloques al azar con siete tratamientos, tres unidades experimentales por tratamiento y tres conejos por cada unidad experimental. Los tratamientos fueron los siguientes:

T1-Suministro de 100% de alimento comercial (Conejo ganador).

T2-Suministro de 50% de alimento comercial + acelga ad libitum.

T3-Suministro de 50% de alimento comercial + forraje verde hidropónico de cebada ad libitum.

T4-Suministro de 30% de alimento comercial + acelga ad libitum.

T5-Suministro de 30% de alimento comercial + forraje verde hidropónico de cebada ad libitum.

T6-Suministro de acelga ad libitum.

T7-Suministro de forraje verde hidropónico de cebada ad libitum.

En total fueron 63 conejos de la raza nueva Zelanda los que se incluyeron en el experimento. Diariamente se les suministró la cantidad de alimento perteneciente a cada tratamiento a los conejos, se midió la cantidad de alimento rechazado y de forma semanal se pesó la cantidad de alimento que quedaba en las jaulas.

Al final del período de engorda, 42 días, se procedió al pesaje de los conejos y luego se trasladaron al laboratorio de procesamiento de carnes de la facultad de ciencias naturales ubicado en el pueblo de Amazcala, municipio El Marqués, Estado de Querétaro.

Posterior a llegada al laboratorio se procedió a la matanza de los conejos según la técnica de Rivera (2016) mediante dislocación cervical a nivel de la articulación atlanto-occipital. Posteriormente se eliminó la piel, se realizó una incisión abdominal y se le extrajeron todos los órganos y se procedió pesaje de los mismos y luego de almacenaron en refrigeración para su posterior medición.

De la misma manera se procedió al lavado y pesaje de la canal caliente. Posteriormente las canales se almacenaron en un refrigerador a -4°C y a las 24 horas se volvieron a pesar para obtener el peso de la canal fría.

5.3 Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en el forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento en H_2O_2 .

5.3.1 Material vegetal, condiciones de desarrollo y tratamientos de estrés

Las semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Cantabria se colocaron en cuatro contenedores, tres de ellos contenían H_2O_2 (Golden Bell): 50 mM, 100 mM, 150 mM y el cuarto agua destilada como control. Posteriormente las semillas fueron

secadas y puestas en charolas de 74 x 35 x 7 cm. Las charolas se colocaron en una cámara de forraje por 11 días. Posterior a las 24, 48 y 72 horas de la siembra, se tomó una muestra de 100 semillas por charolas y se contabilizó el total de semillas germinadas. Las condiciones en la cámara fueron de una temperatura promedio de 25 °C con un fotoperiodo de 14 horas luz por 10 horas de oscuridad y una humedad relativa promedio de 80%. El riego se realizó de forma automática, seis veces al día con una duración de 2 minutos cada riego, en los cuales solamente se usó agua. Transcurridos 11 días después de la siembra, se determinaron las variables altura del tallo (AT) y largo de la raíz (LR) medidas en milímetros con una regla graduada, además, se midió el peso fresco de la planta, en gramos, con una balanza Etekcity. Posteriormente se colectaron las muestras, inmediatamente se colocaron en nitrógeno líquido, luego se llevaron al laboratorio y se colocaron en un ultracoolador a - 80 °C para su posterior análisis.

5.3.2 Compuestos fenólicos totales

Las muestras de forraje de cada tratamiento se maceraron con etanol a una relación de 1:10 (p/v). Posteriormente las soluciones se sonicaron durante 30 minutos en un sonicador Branson M2800-CPX-HE, Emerson, Ferguson, Missouri, USA. Luego se centrifugaron a 10000 rpm por 15 minutos a 4°C. Finalmente, los sobrenadantes fueron refrigerados a 4°C en viales de color oscuro hasta su uso.

Los fenoles totales fueron determinados espectrofotométricamente por el método Folin-Ciocalteu como reporta Vergara-Castañeda et al., 2010), usando ácido gálico (0.1 mg/ml de agua) como estándar. Posteriormente, se mezcló 140 µL de extracto con 460 µL de agua destilada y 250µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1N). Después de 5 minutos, se agregaron 1250 µL de carbonato de sodio a 20% (p/v), la mezcla se vorteció y se incubó por 2 horas en oscuridad. Finalmente, se midió la absorbancia a 760 nm. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco (mg EGA/g).

5.3.3 Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante obtenida de cada tratamiento se evaluó por los ensayos 2-2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH[•]) y ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS^{•+}).

5.3.3.1 Reducción de la actividad del radical DPPH (DRSA)

La reducción de la actividad del radical DPPH (DRSA por sus siglas en inglés) se determinó acorde al método propuesto por Chen et al. (2012) con algunas modificaciones. Se añadió una alícuota de 0.5 mL de la solución muestra (600 µg/mL) a 0.5 mL del radical DPPH (0.1 mM) en solución metanólica. La mezcla se agitó vigorosamente y luego se incubó por 30 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente se midió la absorbancia a 515 nm. Para el blanco se usó metanol, mientras que para el control se usó agua desionizada. La DRSA se calculó mediante la siguiente ecuación (1):

$$\text{DRSA (\%)} = [1 - (A_{\text{muestra}} - A_{\text{blanco}}/A_{\text{control}})] * 100 \quad (1)$$

5.3.3.2 Reducción de la actividad del radical ABTS (ARSA)

Esta actividad fue determinada de acuerdo con el método propuesto por Re et al. (1999) con algunas modificaciones. El radical ABTS^{•+} fue generado mediante la mezcla de una solución stock de ABTS^{•+} (7 mM) con persulfato de potasio (2.45 mM) y la mezcla resultante permaneció a oscuras por 12 horas a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo la solución del radical ABTS^{•+} se diluyó en 0.15 M de solución salina buffer fosfato (PBS por sus siglas en inglés) pH 7.4 (~1:35) para obtener una absorbancia de 734 nm. Posteriormente 3 mL de ésta solución diluida se mezcló con 150 µL de muestra (600 µg/mL). Finalmente, la absorbancia se leyó en un período de 1 a 6 minutos (durante cada minuto). Para el blanco se usó PBS y para el control agua desionizada. LA ARSA se calculó mediante la siguiente ecuación (2):

$$\text{ARSA (\%)} = [1 - (A_{\text{muestra}} - A_{\text{blanco}}/A_{\text{control}})] * 100 \quad (2)$$

5.3.4 Ensayos de actividad enzimática

5.3.4.1 Preparación de los extractos

Muestras secas (0.5 g) de forraje verde hidropónico de cebada fueron homogenizadas con 1 mL de buffer de extracción, centrifugado a 13,000 rpm por 20 minutos a 4°C. Los sobrenadantes se usaron para determinar las actividades enzimáticas. En el caso de la concentración de proteínas en los extractos enzimáticos, ésta fue determinada acorde al método reportado por Bradford (1976), usando albúmina de suero bovino (1 mg/ml) como estándar (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA)

5.3.4.2 Ensayo de la actividad de la enzima superóxido dismutasa

La actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD; EC 1.15.1.1) fue evaluada mediante la inhibición de la reducción fotoquímica del nitroazul de tetrazolio (NBT) acorde con el método descrito por Hayat, et al. (2018). La reacción se llevó a cabo mediante la adición de 1.5 mL de buffer fosfato de sodio 50 mM (pH 7.8), 0.3 mL de EDTA 0.1 mM, 0.3 mL de metionina 0.13 M, 0.3 mL de riboflavina 0.02 mM, 0.05 mL de extracto enzimático y 0.25 mL de agua destilada. La mezcla se expuso a luz fluorescente (86.86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) por 20 minutos. Finalmente, se midió la absorbancia a 560 nm. Una unidad de SOD inhibe la reducción de alrededor del 50 % de NBT a un pH de 7.8 y 25°C de temperatura.

5.3.4.3 Ensayo de la actividad de la enzima catalasa

La actividad de la enzima catalasa (CAT; EC 1.11.1.6) fue evaluada espectrofotométricamente midiendo la velocidad de decrecimiento de H_2O_2 a 240 nm acorde al método descrito por Afiyanti y Chen (2014). Por su parte la reacción se llevó a cabo añadiendo 0.95 mL de buffer de fosfato de potasio 50 mM, pH 8.0, 0.05 mL de extracto enzimático y 0.1 mL de H_2O_2 100 mM. El cambio de la absorbancia fue medida durante 1 minuto, determinando la velocidad de descomposición del H_2O_2 por la enzima catalasa. Una unidad de CAT, descompone 1 μmol de H_2O_2 por minuto a un pH de 8.0 y 25°C de temperatura. Los datos fueron expresados como U/mg de proteína.

5.3.4.4 Ensayo de la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL)

La actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL; EC 4.3.1.5), fue evaluada espectrofotométricamente acorde con el método descrito por Toscano et al. (2018). L-Fenilalanina fue usada como sustrato y la liberación del ácido cinámico se cuantificó a una a 290 nM. La reacción se llevó a cabo añadiendo 2.3 mL de buffer borato (pH 8.8, conteniendo 10mM de L-Fenilalanina) y 0.2 mL de extracto enzimático. La mezcla se incubó a 40°C por 1 hora y la reacción se interrumpió mediante la adición de 0.5 mL de HCl 5 N. Posteriormente la absorbancia se midió a 290 nm. Una unidad de PAL libera 1 μ mol de ácido cinámico por minuto a pH 8.8 y 40°C de temperatura. Los datos se expresaron como U/mg de proteína.

5.3.4.5 Ensayo de la actividad de la enzima chalcona isomerasa (CHI)

La actividad de la enzima chalcona isomerasa (CHI) se midió con los métodos propuestos por Dixon et al. (1982) y Mol et al. (1985). La reacción se llevó a cabo mediante la adición de 2.5 μ l de la solución sustrato (chalcona nangerina 1 mg/mL en etanol), 2.5 mL de buffer fosfato de potasio y 2.5 μ l de extracto enzimático. La absorbancia se leyó espectrofotométricamente a 400 nm durante seis intervalos de tiempo (15, 30, 60, 120, 240 y 280 segundos).

5.3.5 Análisis estadístico

Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar para evaluar el efecto del acondicionamiento con H₂O₂ a las semillas de cebada sobre los cambios morfológicos, actividad antioxidante, compuestos fenólicos y la actividad de las enzimas CAT, SOD, PAL y CHI. El arreglo experimental contó con 4 tratamientos, 3 bloques y 3 unidades experimentales por tratamiento. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de significancia Fisher (LSD) ($P < 0.05$) usando el programa Statgraphics® Centurion XVI statistical software (StatPoint Technologies Inc., Bedford, MA, USA, 2010).

5.4 Determinación de la concentración de metabolitos secundarios contenidos en la acelga elicitada y sin elicitar con H₂O₂.

5.4.1 Material vegetal y condiciones de desarrollo

El sustrato estuvo compuesto por humus de lombriz, composta y vermiculita (2:1:1) y regadas con agua diariamente. Las semillas germinaron a los 4 días de sembradas y 30 días después de la germinación fueron trasplantadas. El cultivo se realizó a campo abierto, en surcos de 14x50 m con riego por goteo. Las plantas se regaron cada tercer día por una hora. Durante el experimento hubo una temperatura promedio de 21°C, una evaporación de 5 mm y no se registraron precipitaciones. Pasados 30 días después del trasplante, se cortaron las plantas desde su base y 30 días después se volvieron a cortar y se midieron las variables ancho y largo de la hoja bandera en cm, con una regla graduada, además, se midió el peso de la planta en g, con una balanza Etekcity.

5.4.2 Contenido total de fenoles

Las muestras de acelga de cada tratamiento fueron maceradas con metanol en una relación 1:10 (p/v). Las suspensiones se sonicaron durante 30 minutos en un sonicador (Branson M2800-CPX-HE, Emerson, Ferguson, Missouri, USA). Posteriormente se centrifugaron a 10000 por 15 minutos a 4°C. Los sobrenadantes resultantes fueron almacenados a 4°C en viales color ámbar hasta su posterior uso.

Los fenoles totales fueron determinados por el método de Folin-Ciocalteu acorde con Vergara-Castañeda et al. (2010), empleando ácido gálico como estándar. Se tomaron 140 µL de extracto y se mezclaron con 460 µL de agua destilada y 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1N). pasados 5 minutos, se añadieron 1250 µL de carbonato de sodio 20% (p/v). posteriormente la mezcla se agitó en un vórtex y posteriormente se dejó incubando durante 2 horas en oscuridad (Vergara-Castañeda et al., 2010). Finalmente, la absorbancia fue medida a 760 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco (mg EGA/g).

5.4.3 Actividad antioxidante (AOx)

La actividad antioxidante obtenida de cada tratamiento fue evaluada mediante los ensayos 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH^{*}) y ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS^{**}). Procedimiento ídem. Sección 5.3.3.

5.4.4 Ensayos de las actividades enzimáticas

Procedimiento ídem, de la sección 5.3.4

5.4.5. Análisis estadístico

Se estableció un diseño experimental con 7 tratamientos, ocho bloques y 2 repeticiones por tratamiento. Pasados 10 días después del primer corte, se establecieron los 7 tratamientos. T1- Control (Agua destilada), T2- H₂O₂ 75 mM, T3 - H₂O₂ 150 mM, T4 - H₂O₂ 200 mM, T5 - H₂O₂ 225 mM, T6 - H₂O₂ 450 mM, T7 - H₂O₂ 600 mM. Los cuatro primeros se aplicaron a los 10, 20 y 27 días después del primer corte y los otros tratamientos sólo se aplicaron a los 27 días después del corte. Pasados 3 días de la última aplicación, se realizó el segundo corte y se midieron las variables morfológicas y se tomaron las muestras, éstas se pusieron inmediatamente en nitrógeno líquido y a su llegada al laboratorio se colocaron en un ultra congelador a -80°C para su posterior análisis.

5.5 Evaluación del comportamiento productivo, variables morfo fisiológicas, así como determinación de la calidad de la carne de conejo en animales alimentados con dietas que contienen forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento con H₂O₂ con énfasis en la cantidad de fenoles totales y en la capacidad antioxidante de la carne

Se usaron 63 gazapos de la raza New Zealand, procedentes de la unidad cunícola de la facultad de ciencias naturales, ubicada en la comunidad de Amazcala. El modelo experimental y las variables evaluadas se describen en los cuadros 5.1 y 5.2.

Cuadro 5.1. Esquema de tratamientos evaluados en las dietas de forraje hidropónico de conejo.

Tratamientos	Bloques al azar, 10 unidades experimentales por tratamiento. 2 animales por unidad experimental. 60 animales en total
1	100% Alimento concentrado (AC), dosis acorde con la edad del animal*
2	50% AC + FVH de cebada <i>adlibitum</i>
3	50% AC + FVH de cebada <i>adlibitum</i> primmed con 50 mM de H ₂ O ₂ .

*30 a 45 días- 50 grs por animal, 45-60 días: 90 gramos por animal. 60-75 días: 120 gramos por animal.

Cuadro 5.2. Variables dependientes evaluadas durante la evaluación del comportamiento productivo de la carne de conejo.

Variables dependientes	
Peso vivo	Fenoles totales
Canal caliente	Capacidad antioxidante DPPH
Canal fría	Capacidad antioxidante ABTS
Rendimiento de la canal	PH

5.5.1 Aplicación de elicitores

La cantidad de bioactivos presentes en los vegetales y en la carne de los animales, se realizó por la técnica de cromatografía líquida de alta en el laboratorio de biosistemas de la Universidad Autónoma de Querétaro. El análisis se realizó tomando una muestra del total de las 42 obtenidas, previamente se guardaron en condiciones de ultracongelación. Se realizó un extracto de 5 mg de tejido por ml de

metanol, se sonicó durante 40 minutos y se filtró con acrodiscos. El contenido de compuestos fenólicos se identificó y cuantificó usando el equipo Waters 600 HPLC-DAD system, equipado con muestreador automático (Waters 717 plus) y detector UV/Vis (Waters 2487) (Milford, MA, USA). La separación fue realizada en una columna Phenomenex ODS-C18 (250 x 4.6 mm, 5 μ m). El análisis estadístico fue acorde al siguiente modelo:

$$F = \mu + T + \beta + T\beta \quad (3)$$

Donde:

F es la varianza que se presenta en una variable determinada en una población o muestra, μ es el valor promedio de la varianza que presenta la población, T el valor que dentro de la varianza promedio es producto del efecto del tratamiento, β es el valor de la varianza por efecto de bloque o repetición dentro de la varianza promedio de la población o muestra y $T\beta$ es el valor de la varianza que tiene el efecto de la interacción por bloque dentro de la varianza promedio de la población.

5.5.2 Alimento comercial

Se usó la marca Conejo ganador, el cual fue adquirido una forrajera local, para el tratamiento 1 se suministraron 1400, 1700, 1900, 2350, 2550, y 3200 g respectivamente en las 6 semanas que permanecieron en engorda, los porcentos de inclusión de este alimento en los demás tratamientos se calcularon a partir de los datos obtenidos anteriormente.

5.5.3 Producción de forraje verde hidropónico

La germinación se hizo en una cámara automática con capacidad para producir 100 Kg de forraje verde hidropónico diario. La semilla de cebada fue adquirida en forrajera "Bravo", las semillas fueron limpiadas de impurezas; posteriormente se dejaron en agua destilada como control y un tratamiento de 50 mM de H₂O₂, pasadas 24 horas se extendieron en las charolas, las cuales tenían 54 cm x 34 cm x 6.5 cm de largo, ancho y alto respectivamente. Las charolas fueron introducidas en la cámara de forraje, la cual regaba automáticamente tres veces al día durante un minuto. Diariamente se revisó el filtro y los aspersores para mantener el riego

constante. A los 11 días se cosechó el forraje y fue suministrado a los 20 conejos que consumieron el producto durante las seis semanas que duró el experimento.

5.5.4 Variables dependientes

5.5.4.1 Peso vivo

Los animales fueron pesados antes y después del faenado, este último se realizó según la técnica de **Rivera (2016)** mediante dislocación cervical a nivel de la articulación atlanto-occipital. Seguidamente se realizó una incisión en la parte longitudinal del abdomen para extraer los órganos de la cavidad torácica y abdominal para ser pesados. El aparato digestivo lleno fue representado por el estómago, ciego e intestinos; mientras que el contenido gástrico se identificó como lo indica Bautista, López y Ortiz (2015) mediante la diferencia del aparato digestivo lleno menos el aparato digestivo vacío. El peso vivo verdadero se obtuvo según la fórmula de Sánchez et al. (2016).

$$PVV = \text{Peso vivo sacrífico} - \text{Contenido gastrointestinal} \quad (4)$$

5.5.4.2 Rendimiento de la canal

Después del faenamamiento se pesaron las canales y se realizaron los respectivos cálculos para la obtención de los rendimientos de las canales mediante los criterios de Hernández (2015):

- Rendimiento de la canal caliente (RCC). El peso de la canal caliente se dividió por el peso vivo al sacrificio, multiplicado por 100.
- Rendimiento de la canal fría (RCF). Peso de la canal después de ser sometido a congelación dividido para el peso vivo al sacrificio y multiplicado por 100.
- Rendimiento del canal caliente verdadero (RCCV). Rendimiento de la canal caliente dividida entre el peso vivo verdadero y multiplicado por 100.
- Rendimiento de la canal fría verdadero (RCFV) Rendimiento de la canal fría dividida para el peso vivo verdadero y multiplicado para 100.

5.5.4.3 Pérdidas por oreo

Una vez extraídos todos los órganos se pesó la canal a los 15 minutos de realizado el faenamamiento y se obtuvo el peso de la canal caliente (PCC), se

sometieron a congelación a 4°C durante 24 horas para obtener el peso de la canal fría (PCF) y mediante la diferencia del rendimiento de la canal caliente y fría se obtuvieron las pérdidas por oreo. El valor porcentual de las pérdidas por oreo se obtuvo al dividir las pérdidas por oreo por el rendimiento de la canal caliente y su resultado multiplicado por 100 de acuerdo a las especificaciones de Sánchez et al. (2016).

$$PPO = \text{Rendimiento canal caliente} - \text{Rendimiento canal fría} \quad (5)$$

$$\% PPO = PPO \text{ Rendimiento canal caliente} \times 100 \quad (6)$$

5.5.4.4 Ensayo de la disminución del radical DPPH* (DRSA)

La actividad antioxidante obtenida de cada tratamiento fue evaluada mediante el ensayo 1.1 difenil-picrilidrazol (DPPH), procedimiento ídem, sección 5.3.3.1.

5.5.4.5 Ensayo de disminución de la actividad del radical ABTS*+ (ARSA)

La actividad antioxidante obtenida de cada tratamiento fue evaluada mediante el ensayo 2.2 azinobis-(3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS). Procedimiento ídem. Sección 5.3.3.2.

5.5.4.6 Contenido total de fenoles

Las muestras de carne de cada tratamiento fueron maceradas con metanol en una relación 1:10 (p/v). Las suspensiones se sonicaron durante 30 minutos en un sonicador (Bransonic M2800-CPX-HE, Emerson, Ferguson, Missouri, USA). Posteriormente se centrifugaron a 10,000 por 15 minutos a 4°C. Los sobrenadantes resultantes fueron almacenados a 4°C en viales color ámbar hasta su posterior uso.

Los fenoles totales fueron determinados por el método de Folin-Ciocalteu acorde con Vergara-Castañeda et al. (2010), empleando ácido gálico como estándar. Se tomaron 140 µL de extracto y se mezclaron con 460 µL de agua destilada y 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1N). pasados 5 minutos, se añadieron 1250 µL de carbonato de sodio 20% (p/v). posteriormente la mezcla se agitó en un vórtex y posteriormente se dejó incubando durante 2 horas en oscuridad (Vergara-Castañeda et al., 2010). Finalmente, la absorbancia fue medida a 760 nm.

Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco (mg EGA/g).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Identificación de la proporción de suministro de alimento convencional y la adición de acelga y forraje verde hidropónico de cebada contenido en la dieta del conejo

La figura 6.1 muestra los resultados del peso vivo obtenido con las diferentes dietas. En la que se puede apreciar que el mejor tratamiento, es el de 100% concentrado; sin embargo, no existieron diferencias significativas con respecto a los tratamientos 2 y 3. Por lo que se puede disminuir un 50% de alimento concentrado en la alimentación de los conejos, y sustituirlo por acelga o forraje verde hidropónico de cebada. Como era de esperarse los tratamientos 6 y 7 que sólo incluían acelga o forraje respectivamente fueron los tratamientos con menor peso vivo, ya que no complementan las necesidades diarias de alimentación de éste animal.

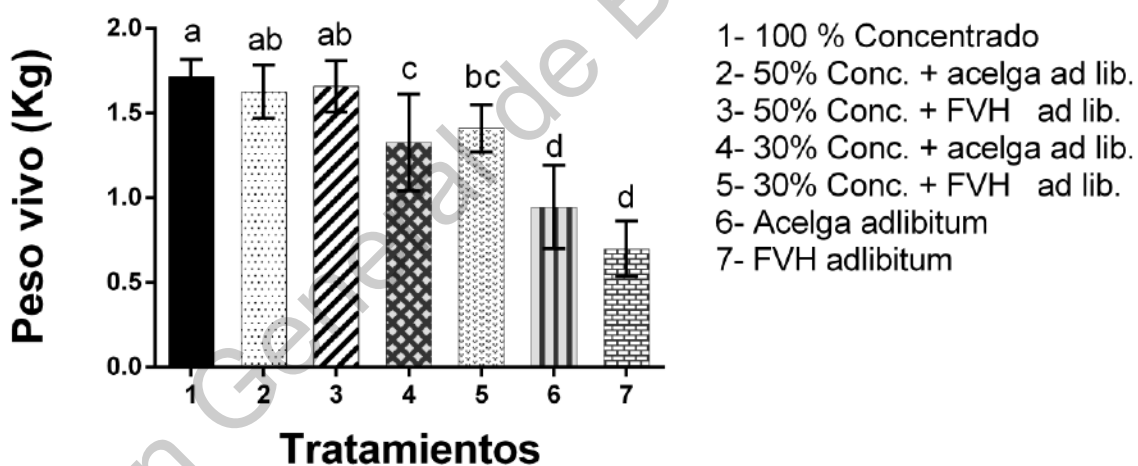


Figura 6.1. Peso vivo promedio obtenido de los diferentes tratamientos involucrados en el estudio con el crecimiento de conejos alimentados con acelga y forraje verde hidropónico. FVH – Forraje verde hidropónico. *ad lib.* – a voluntad. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

6.2 Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en el forraje verde hidropónico de cebada con o sin pre-tratamiento con H₂O₂.

6.2.1 Semillas germinadas

La figura 6.2 muestra la tasa de germinación en las bandejas a las 24, 48 y 72 horas después de la siembra. Transcurridas 24 horas, el tratamiento 100 mM H₂O₂ fue el mejor, presentando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos; a las 48 horas, el tratamiento 100 mM H₂O₂ también fue el mejor tratamiento, aunque no hubo diferencia significativa respecto al tratamiento 50 mM H₂O₂, pero sí respecto a los demás tratamientos. Finalmente, a las 72 horas, el tratamiento 100 mM H₂O₂ también fue el mejor, aunque no hubo diferencia significativa respecto al tratamiento 150 mM H₂O₂, pero sí respecto a los demás tratamientos.

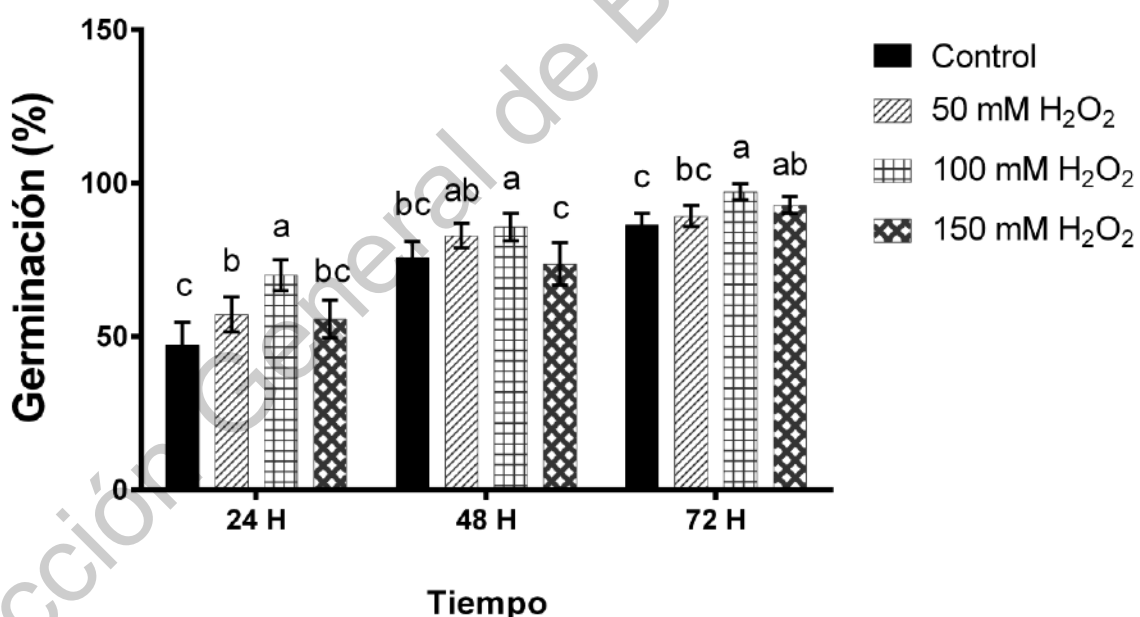


Figura 6.2. Tasa de germinación (%) del forraje verde hidropónico en las bandejas después de 24, 48 y 72 horas. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

El tratamiento con 100 mM H₂O₂ incrementó significativamente la tasa de germinación de las semillas de cebada. Se ha demostrado que H₂O₂ en bajas

concentraciones promueve el incremento del proceso de germinación debido a que rompe la dormancia de la semilla (Çavuşoğlu and Kabar, 2010). Çavuşoğlu y Kabar (2010) también encontraron que en semillas de cebada el 30 mM H₂O₂ aceleró la germinación en un 80% a las 48 horas a 20°C, también se mantuvieron los parámetros de crecimiento y desarrollo de las raíces y del peso de las plantas a 25°C. También en cebada con 20 días después de la germinación, fue asperjada con silicato de sodio (1.5 mM Si), como resultado se incrementó el peso seco de los brotes y disminuyó el decrecimiento de la masa seca de las raíces (Hussain et al., 2019).

6.2.2 Respuesta morfológica

La figura 6.3 muestra en el panel A que el largo del tallo fue mayor en el tratamiento 150 mM H₂O₂, aunque no hubo diferencia significativa respecto al tratamiento 100 mM H₂O₂, pero sí entre éstos y los demás tratamientos. En el panel B se muestra el peso de la planta, donde el tratamiento es el mejor 150 mM H₂O₂, diferenciándose significativamente respecto a los otros tratamientos. El acondicionamiento a las semillas con H₂O₂ no influyó significativamente en el largo de la raíz.

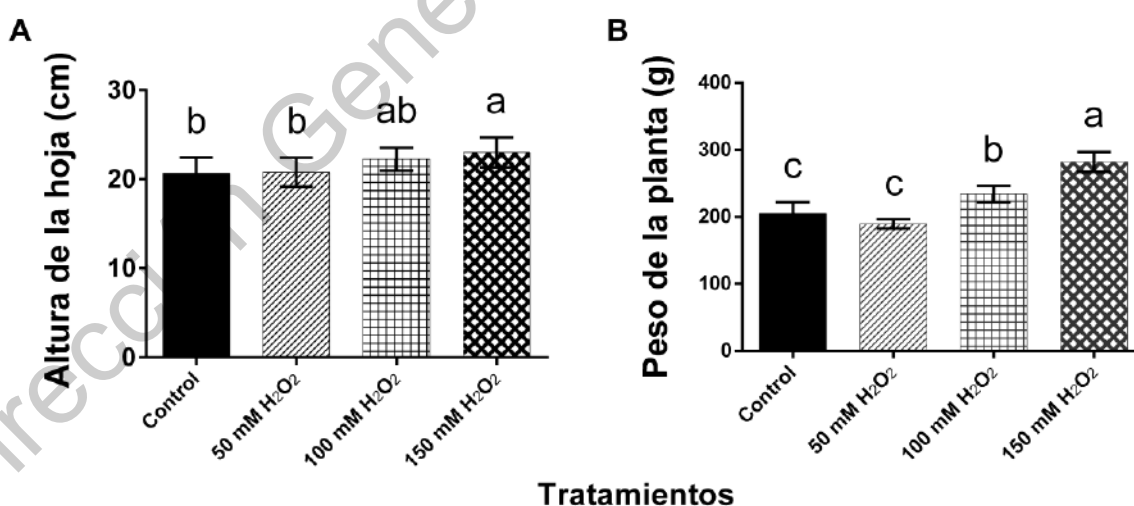


Figura 6.3. Efectos de tres dosis de H₂O₂ de acondicionamiento de semillas de forraje verde hidropónico de cebada en el largo del tallo (A) y peso de la planta

(B). H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Es conocido que aplicaciones exógenas de H₂O₂ puede mejorar el desarrollo de las raíces y reducir el período de desarrollo de la planta desde la germinación bajo condiciones de estrés (Sang et al., 2005; Wang et al., 2018). Por otra parte, Kilic y Kahraman (2016) tuvieron el mayor índice de vigor germinativo, longitud del cotiledón y peso fresco cuando las semillas se acondicionaron con 0.3 mM H₂O₂ (Kilic and Kahraman, 2016). También se encontró que éste tratamiento incrementó el tamaño, las aperturas fotosintéticas de las hojas y tuvo un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ahmed et al., 2013).

6.2.3 Compuestos fenólicos totales

Para el total de fenoles, los datos muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos de acondicionamiento de las semillas (Figura 6.4). Siendo el tratamiento 50 mM H₂O₂ el mejor.

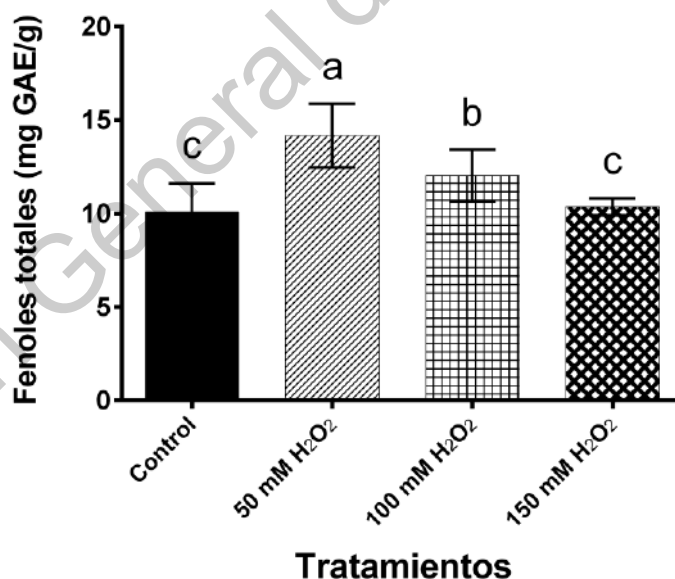


Figura 6.4. Contenido de fenoles totales en el forraje verde hidropónico de cebada, luego del acondicionamiento de las semillas con diferentes dosis de H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Hussain et al. (2019) encontraron bajas cantidades de compuestos fenólicos, respecto al control, en cebada tratadas con 1.5 mM de Sílice a diversos intervalos de temperatura (Hussain et al., 2019). En cultivo de cebada de 10 días de desarrollo también se ha reportado una fluctuación de compuestos polifenólicos totales entre 25.32 a 37.94 mg QE/g de peso seco a temperatura de 22°C (Kobus-Cisowska et al., 2020).

6.2.4 Actividad antioxidante

Los antioxidantes naturales actúan disminuyendo los radicales libres, y reducen los agentes prooxidantes, además, éstos compuestos tienen variados efectos en la cebada (Madhujith et al., 2006). También la actividad antioxidante puede asociarse con el contenido de fenoles totales. La figura 6.5, muestra en el panel A el porcentaje de inhibición de la actividad del radical DPPH (DRSA) en el forraje verde hidropónico luego de 11 días posteriores al acondicionamiento de las semillas con tres dosis de H₂O₂. Similar a los fenoles totales, el mejor tratamiento fue el 50 mM H₂O₂, aunque no tuvo diferencias significativas con respecto a los tratamientos control y 100 mM H₂O₂, pero sí se diferenció significativamente respecto al tratamiento 100 mM H₂O₂. El panel B muestra el porcentaje de inhibición de la actividad del radical ABTS (ARSA) donde nuevamente el tratamiento 50 mM H₂O₂ fue el mejor, pero sin diferencias significativa con respecto al tratamiento 100 mM H₂O₂, pero sí con el tratamiento control y con el de 150 mM H₂O₂.

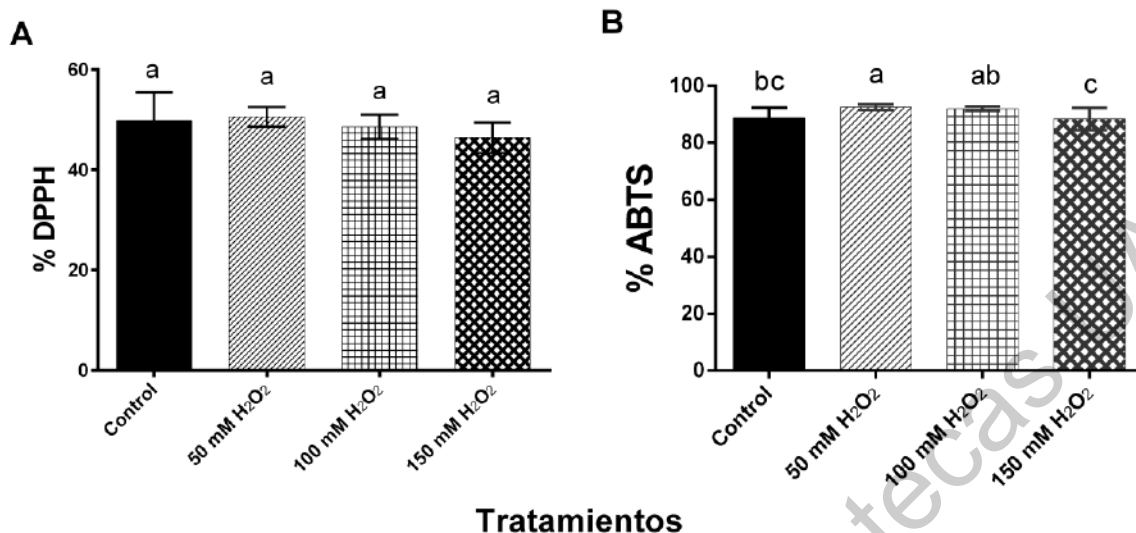


Figura 6.5. Reducción de los radicales por los extractos metanólicos del forraje verde hidropónico de cebada, acondicionados con tres dosis de H₂O₂. Panel A. % de Inhibición DPPH y Panel B. % de Inhibición ABTS (ARSA). Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

En otro experimento se demostró una menor capacidad antioxidante, respecto al control, en ocho variedades de cebada, aún con el acondicionamiento de las semillas (Kobus-Cisowska et al., 2020). Narwal et al. (2016) encontraron diferencias en el rango de actividad antioxidante, entre 31.22 a 80.92% de inhibición en cinco variedades de cebada, diferencias que se debieron a los diferentes tipos de suelo donde fue sembrada la cebada, dándole también a las mismas diferentes cantidades de compuestos fenólicos (Narwal et al., 2016). También demostraron con éste experimento que el genotipo tiene mayor influencia sobre la cantidad de fenoles totales que el medioambiente, sin embargo, ambas características juegan un rol preponderante en la capacidad antioxidante y los compuestos finales (Narwal et al., 2016).

El grado de capacidad antioxidante es correlacionado con el número de grupos hidroxilo, esto también es asociado con diferentes actividades biológicas tales

como: disminución del riesgo de diferentes tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares (Holub et al., 2018).

6.2.5 Ensayos de actividades enzimáticas

La actividad enzimática está asociada con la activación de la respuesta de defensa a diversos factores de estrés en las plantas. Algunas enzimas como POD, SOD, CAT, PAL y CHI podrían incrementar su actividad como respuesta a la aplicación de un elicitador (Mejía-Teniente et al., 2019). En nuestra investigación el acondicionamiento a las semillas de cebada con tres dosis de indujo variación en la actividad de las enzimas SOD, CAT y PAL; no siendo así en la actividad de la enzima CHI (Figura 6.6). La aplicación de estrés en las plantas provoca la activación del NADPD oxidado y del O_2^- , el cual es asimilado rápidamente por la SOD y transformado en H_2O_2 ; seguido de la activación de otras enzimas generadoras de ROS, tales como CAT y POD (Tamás et al., 2010).

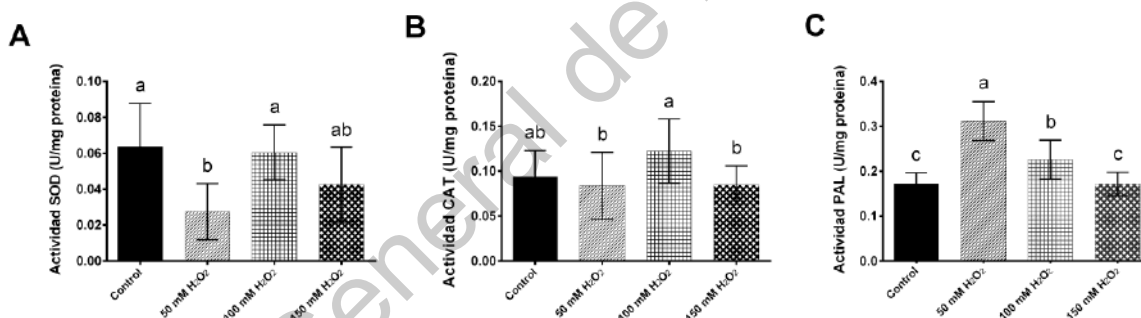


Figura 6.6. Medición de la actividad enzimática en forraje verde hidropónico de cebada con tres tratamientos de H_2O_2 : A) Superóxido dismutasa (SOD), B) Catalasa (CAT) y C) Fenilalanina amonio liasa (PAL). Actividad específica en forraje verde hidropónico de cebada debido al acondicionamiento de las semillas con tres dosis de H_2O_2 . Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Como se observa en la Figura 6.6, Panel A, no hubo diferencias significativas, en cuanto a la actividad SOD, entre los tratamientos 100 mM H_2O_2 , 150 mM H_2O_2 y el control, resultando el peor tratamiento el de 50 mM H_2O_2 . El Panel B muestra que el mejor tratamiento fue el de 100 mM H_2O_2 , aunque no existió diferencia

significativa entre este y el control, pero sí con respecto a los demás tratamientos. Contrariamente, el Panel C muestra que en la actividad de PAL el tratamiento 50 mM H₂O₂ fue el mejor, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos.

Las actividades de las enzimas SOD y CAT se incrementaron con el tratamiento 100 mM H₂O₂, esto, aunque fue debido probablemente a la acción de estrés, no tuvo alta incidencia en la síntesis de fenoles y tampoco afectó al crecimiento y desarrollo de la planta. Es conocido que las enzimas SOD y CAT, incrementan y reducen respectivamente la cantidad de H₂O₂ en las plantas y se relacionan con la capacidad antioxidante (Gupta, Palma, & Corpas, 2018). CAT es la enzima clave en la reducción catalítica del H₂O₂ en oxígeno y agua, y usualmente un incremento de la actividad de CAT favorece la defensa antioxidante en las plantas; por otra parte, el crecimiento y desarrollo de la planta puede afectarse negativamente (Gupta et al., 2018). Tamás et al. (2010) demostraron que la respuesta de las raíces de cebada, *in vitro*, a 10 mM H₂O₂ incrementó la síntesis de O₂⁻, activó la actividad de la enzima SOD y elevó la formación de H₂O₂ (Tamás et al., 2010). Además, una alta actividad de la enzima CAT podría impactar positivamente en la germinación de las semillas y en los estados de desarrollo de las plántulas; encontrándose una relación directa entre el crecimiento y desarrollo de la planta, y la actividad de la enzima (Kilic & Kahraman, 2016).

En Chile (*Capsicum annum* L.), la actividad de la enzima PAL mostró diferencias significativas luego de cinco minutos de exposición a 18 mM H₂O₂, y 14 mM H₂O₂ pasadas 24 horas. Por otra parte, luego de 5 días de la exposición se registró la mayor actividad de la enzima a 6 mM H₂O₂ (Kilic and Kahraman, 2016). El Cuadro 6.1, presenta el resumen de todos los resultados de los análisis de las variables incluidas en la investigación, donde se puede observar que el tratamiento 100 mM H₂O₂ presenta los mejores resultados referidos a la germinación de las semillas. También muestra resultados relevantes en cuanto a la actividad antioxidante, aunque es superado en cuanto a la actividad PAL y fenoles totales por el tratamiento 50 mM H₂O₂. Se muestra también que el mejor tratamiento en cuanto a la actividad

antioxidante es el 50 mM H₂O₂, ésta actividad es dependiente de la producción de compuestos fenólicos, situación que se ve reforzada por la actividad de la enzima PAL, debido a que éste tratamiento mostró diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. En éste experimento, la capacidad antioxidante evaluada por los métodos ABTS y DPPH, y la cantidad de fenoles totales en el tratamiento fue resultado de la actividad de la enzima PAL.

Por otra parte, es interesante el hecho de que la capacidad antioxidante, que es inducida por el tratamiento 50 mM H₂O₂, en general, provoca una reducción del desarrollo de la planta debido a que la superficie obtenida relativa a las hojas y el peso final de la planta fue significativamente menor respecto a los demás tratamientos. Finalmente, esto sugiere que en general, éste tratamiento actuó de forma desfavorable sobre la tasa de germinación de las semillas. La inducción de la producción de fenoles de alguna manera redirigió el metabolismo a ésta actividad en detrimento del desarrollo de la planta, esto es perfectamente entendible. Además, la mayor capacidad antioxidante de la planta se relaciona con la producción de metabolitos secundarios, en éste caso de los compuestos fenólicos, también tiene una cierta incidencia en el crecimiento y desarrollo de la planta (Jamwal et al., 2018). Además, es conocido que la actividad de los compuestos fenólicos en las plantas es responsable de la actividad antioxidante (Ren and Sun, 2014).

Cuadro 6.1. Resumen de los resultados pertenecientes a los análisis de todas las variables incluidas en la investigación.

Tratamientos	DPPH	ABTS	SOD	CAT	PAL	Fenoles totales	Peso de la planta	Longitud de la raíz	Altura de la hoja	*Ger 24 h	*Ger 48 h	*Ger 72 h
Control	A	b	A	ab	C	c	b	a	B	b	bc	c
50 mM	A	a	B	b	A	a	b	a	B	b	ab	Bc
100 mM	Ab	a	A	a	B	b	b	a	A	a	a	A
150 mM	B	b	Ab	b	C	c	a	a	A	b	c	Ab

*Tasa de germinación (%), $\alpha = 0.05$

Dirección General de Bibliotecas UJAQ

6.3 Determinación de los metabolitos secundarios contenidos en la acelga elicitada y sin elicitar con H₂O₂.

6.3.1 Inducción de cambios morfológicos

El H₂O₂ juega un importante rol como desinfectante, en contacto con el suelo y la materia orgánica, se libera el oxígeno y mejora el proceso de fotosíntesis. También el H₂O₂ es un producto secundario de la fotosíntesis (Gollan and Aro, 2020). La figura 6.7 refleja los resultados en cuanto a ancho de la hoja bandera, número de hojas y peso de la planta. En cuanto al ancho de la hoja, el mejor tratamiento fue de 75 mM H₂O₂, aunque no presentó diferencias significativas con los tratamientos 200, 450 y 600 mM H₂O₂, pero sí con respecto al control y los demás tratamientos. En cuanto al peso de la planta, el mejor tratamiento fue el de control al igual que en el número de hojas.

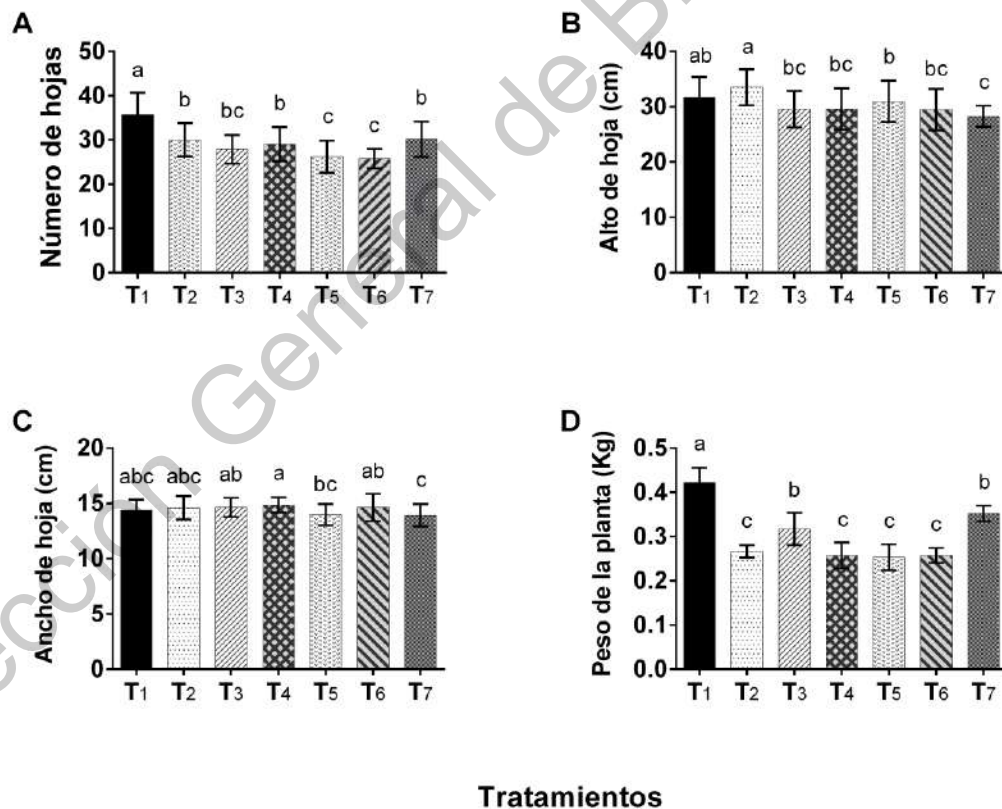


Figura 6.7. Efecto del H₂O₂ sobre las variables morfológicas en acelga, después de 60 días de trasplante en campo abierto. A) Número de hojas, B) Alto de hojas

(cm), C) Ancho de la hoja (cm), D) Peso de la planta (Kg). T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Liu et al. (2013), estos encontraron decrecimientos en el crecimiento y desarrollo de la acelga bajo condiciones de salinidad (1.7% con NaCl 50 mM) y de alcalinidad (8.7% con 50 mM Na₂SO₄) (Liu et al., 2013). Bahremand (2018) encontró que la temperatura mínima de germinación para las semillas de acelga fue de 1.92°C, óptima 25°C y una máxima de 45.84°C, también, la mayor salinidad fue en pH 7. Además, la salinidad a 187 mM disminuyó un 50% de la germinación; por lo que se puede observar que los cultivos de acelga no son hipersensibles (Bahremand, 2018).

Por otra parte, Barickman y Kopsell (2016) aplicó, en cultivo hidropónico, 25 % NH₄-N: 75% NO₃-N (100% N 105 mg/L), con ésta dosis ocurrieron las mayores acumulaciones de peso fresco y materia seca que con 50 % NH₄-N: 50% NO₃-N. Esto se debió a que la calidad de la composición nutricional, fotosíntesis desarrollo y rendimiento del cultivo puede alterarse por la variación en los niveles de N, con NO₃-N siendo un componente con elevada absorción. Los aminoácidos presentes en la planta regulan el metabolismo del N, lo cual varía la forma y concentración del N en la fertilización vegetal (Barickman and Kopsell, 2016).

Abbey et al. (2020) incrementó el peso fresco de la hoja y el área foliar total en acelga con té biocast de vermicast; pasadas seis semanas del trasplante el contenido de clorofila fue mayor, aunque el diámetro del tallo, altura de la planta y el número de hojas no presentaron diferencias significativas (Abbey et al., 2020). Ekinci et al. (2020) disminuyó el estrés por sequía en acelga con soluciones de NO. Dosis de 100 y 150 μ M disminuyeron los efectos adversos de la sequía con respecto al contenido de clorofila, peso fresco y seco del sistema radicular y foliar, así como los parámetros de intercambio gaseoso. Además, el NO ayudó en el crecimiento y desarrollo de la planta, así como en la senescencia y la cosecha. El mayor contenido de clorofila se obtuvo con NO 150 μ M – 33% de riego (Ekinci et al., 2020).

Schuller et al. (2018) evaluaron el desarrollo de la acelga en suelos del tipo andasol y fluvisol con CsCl 100 kBq ^{134}Cs /m². El factor de transferencia fue menor en los tallos que en las hojas de acelga fertilizadas con K en suelo andasol, sin embargo, las hojas exteriores no mostraron incrementos significativos; esto puede deberse a la combinación entre el K y el Cs (Schuller et al., 2018). Cheng et al. (2020) disminuyó la contaminación del suelo por Cd mediante la aplicación de carbón negro modificado a nanoescala (CNM). El CNM incrementó la biomasa vegetal y radicular de la acelga. También disminuyó el daño causado por la exposición a Cd en plantas de acelga después de los 50 días de trasplantadas. Sin embargo, la acelga es considerada una planta superacumuladora, se encontraron nanopartículas de Cd en las células radiculares (Cheng et al., 2020).

6.3.2 Ensayos enzimáticos

El impacto de las diferentes condiciones climáticas sobre los cultivos, influye en la morfología, rendimiento y atributos bioquímicos. H₂O₂ disminuye los daños por factores de estrés aumentando la defensa AOX, actividades enzimáticas tales como: SOD, CAT y POD; además, de incrementar la actividad de otras enzimas relacionadas con la vía de los fenilpropanoides como son la PAL y la Chalcona Isomerasa (CHI) (Vijayalakshmi et al., 2016). En este experimento, las aplicaciones de H₂O₂ sobre las hojas de acelga mostraron diferencias significativas entre las diferentes dosis (Figura 6.8). Tanto en la actividad SOD como en la CAT el tratamiento 225 mM H₂O₂ fue el mejor con diferencias significativas fundamentalmente en la actividad CAT. En cuanto a la PAL los mejores tratamientos fueron 75, 200, 225 y 450 mM de H₂O₂.

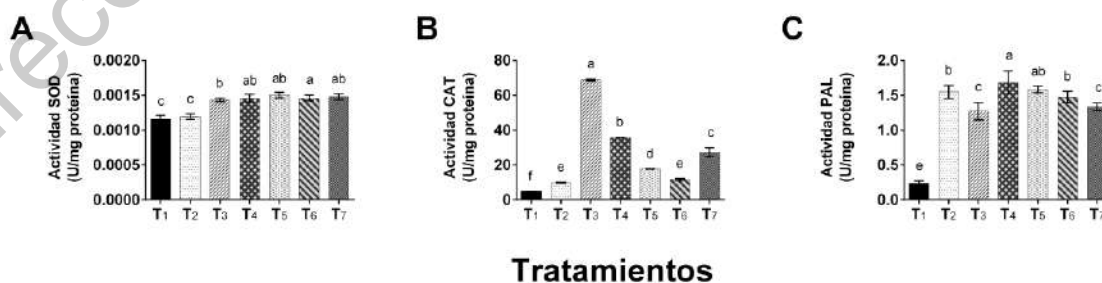


Figura 6.8. Actividad enzimática en hojas de acelga pasados 60 días del trasplante y elicitadas con diferentes dosis de H₂O₂: A) SOD, B) CAT, C) PAL. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

Es conocido que las enzimas SOD y CAT incrementan sus actividades bajo factores de estrés. SOD es la primera enzima en la desintoxicación de las células al contacto con factores de estrés externos. Ekinci et al. (2020) encontró que los mejores resultados en las actividades de las enzimas SOD, CAT y POD fueron obtenidas en plantas con buen manejo hídrico y a las que se les aplicaron NO 150 μ M. sin embargo, la misma dosis de NO reportó las mayores actividades de las enzimas a 33 y 66% de estrés por sequía. Estas enzimas juegan un papel importante en la defensa Aox contra especies reactivas de oxígeno (Ekinci et al., 2020).

Mzoughi et al. (2019) colectó acelgas en condiciones salvajes y encontró un contenido de humedad de 93.35 g/100 g de peso fresco (PF), contenido de azúcares totales 2.158 g/100 g PF, proteína 0.663 g/100 g pf, carbohidratos totales 6.51 g/100 g PF y contenido de cenizas 1.30 g/100 g PF. Todos contenidos mayores a los de otras plantas halofíticas. Además, los contenidos de Fe (2.94 mg/100 g PF), Mg (307.1 mg/100 g PF), Ca (154.1 mg/100 g PF) y K (70.25 mg/100 g PF) fueron los microelementos más abundantes respecto a las demás plantas. Contrariamente, el contenido de grasas (0.099 g/100 g PF) fue mucho más bajo (Mzoughi et al., 2019). Kaburagi et al. (2015) incrementaron un 146% el desarrollo de la acelga bajo concentraciones de 80 mM NaCl y altos niveles de NO₃⁻ en hojas a concentraciones de 40 a 100 mM (Kaburagi et al., 2015).

Por otra parte, la concentración de carotenoides de la acelga fue mayor a 25% NH₄-N: 75% NO₃-N; sin embargo, las concentraciones de andanteracina, β -caroteno, luteína, neoxantina, y violanantina se afectaron a 36.0, 45.1, 42.0, 49.0, y 59.3% respectivamente cuando disminuyó la dosis de NH₄-N:NO₃-N (Barickman and Kopsell, 2016).

Las plantas responden a los factores de estrés en dependencia de la especie, del medioambiente y de las fuentes de macro y micronutrientes. Uno de estos factores de estrés puede ser la sequía, lo cual afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, el metabolismo del nitrógeno (N), además, causa estrés oxidativo (Hessini et al., 2017). Hessini et al. (2009) probó dos concentraciones de N en una variedad salvaje de *Beta macrocarpa* Guss. Como resultado, la aplicación de 2.5 mM de N y NH_4^+ disminuyó en un 35% el área foliar de la planta, así como la materia seca acumulada (Hessini et al., 2009).

6.3.3 Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de las hojas de acelga

Los fenoles son cruciales en el desarrollo, maduración y floración de las plantas, resistencia a herbívoros y patógenos, además, en la senescencia y en la protección de las plantas a los rayos UV. De igual forma son mensajeros en la transcripción, reguladores fisiológicos y en la permeabilidad de la membrana (Gómez-Caravaca et al., 2014). Los ácidos fenólicos también tienen varias actividades biológicas, tales como en la capacidad antioxidante (AOx) al donar electrones para la detoxificación de compuestos (Alarcón-Flores et al., 2016). En este estudio el tratamiento 75 mM H_2O_2 tuvo el mayor contenido de fenoles totales en hojas de acelga, presentando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos (Figura 6.9).

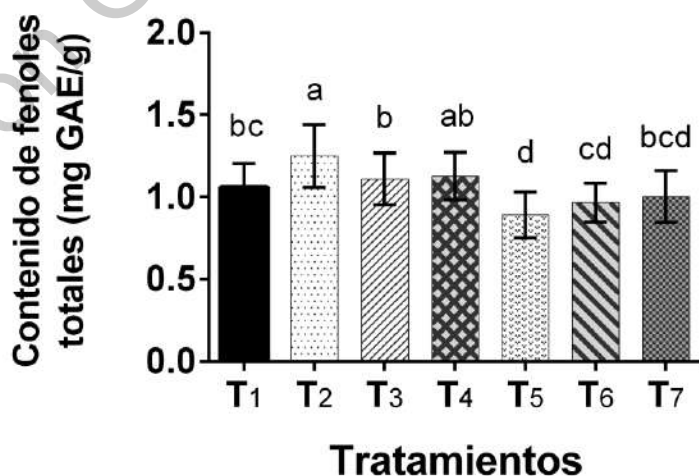


Figura 6.9. Contenido de fenoles totales (CFT, mg GAE/g) de extractos metanólicos procedentes de hojas de acelga. GAE (Equivalentes de ácido gálico). Resultados ploteados como medias. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Los polifenoles presentan capacidad antioxidante lo que les confiere beneficios para la salud (Mzoughi et al., 2019). Los contenidos de fenoles totales en acelga salvaje en Túnez resultaron mayores en 96.58 mg/g GAE con respecto a nuestros resultados. Además, en ese estudio se identificó al ácido myricitrínico en una proporción de 4.08 mg/g de extracto, seguido por el ácido p-Cumarico con 3.53 mg/g de extracto (Mzoughi et al., 2019).

Otro estudio mostró una alta correlación entre el contenido de fenoles en hojas de acelga y su capacidad antioxidante (Sacan and Yanardag, 2010). Además, la relación entre los polifenoles y la capacidad antioxidante en acelga también fue demostrada cuando se le aplicó vermicomposta, thionina y urea, de la misma manera, se incrementó la concentración de vitamina C (Rioba et al., 2020).

La Figura 6.10 muestra los resultados de la disminución de los radicales DPPH* y ABTS*+ en los diferentes extractos metanólicos de hojas de acelga.

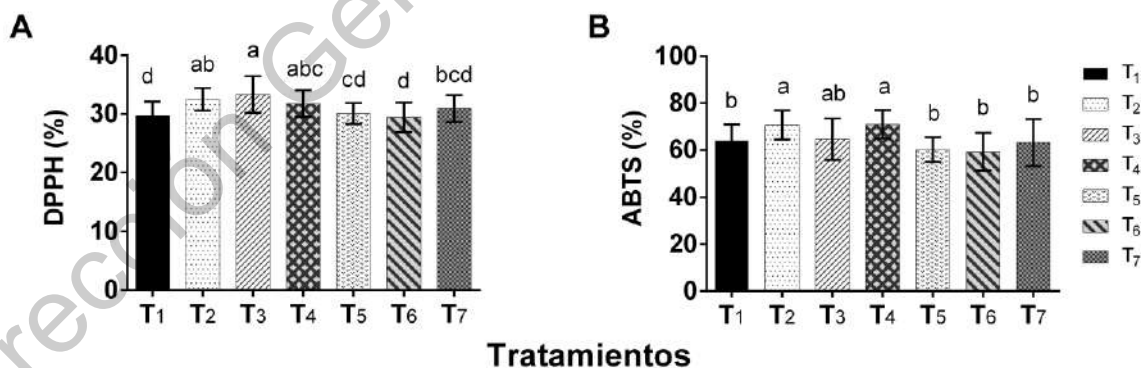


Figura 6.10. % Inhibición de DPPH y % Inhibición de ABTS de los diferentes extractos de acelga. T₁- Control (agua destilada), T₂- 75 mM H₂O₂, T₃- 150 mM H₂O₂, T₄- 200 mM H₂O₂, T₅- 225 mM H₂O₂, T₆- 450 mM H₂O₂, T₇- 600 mM H₂O₂. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

En general el tratamiento 75 mM H₂O₂ fue el que obtuvo los mejores resultados en el conjunto de las dos actividades antioxidantes, lo cual correlaciona con la cantidad de fenoles totales. El Cuadro 6.2, presenta un resumen de los resultados procedentes de los análisis de todas las variables incluidas en el experimento, donde se muestra claramente que el tratamiento 75 mM H₂O₂, aplicado tres veces durante el tiempo que duró el experimento, tuvo los mejores resultados referido a la capacidad antioxidante DPPH y ABTS, fenoles totales y actividad de la enzima Fenilalanina amonio-liasa (PAL).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Cuadro 6.2. Resumen de los resultados de los análisis de todas las variables incluidas en el experimento.

Tratamientos	DPPH	SOD	CAT	PAL	ABTS	Fenoles Totales	Ancho de la hoja	Peso de la planta	Número de hojas	Alto de la hoja
Control	cd	c	C	c	b	cd	b	a	a	a
75	ab	c	D	a	a	a	a	bc	ab	a
150	a	ab	D	b	b	bc	b	abc	ab	a
200	abc	ab	C	a	a	b	ab	bc	b	a
225	cd	a	A	a	b	e	b	c	b	a
450	d	b	C	a	b	de	ab	bc	b	a
600	bcd	ab	B	b	b	dc	ab	ab	b	a

Dirección General de Bibliotecas UNQ

6.4 Evaluación del comportamiento productivo, variables morfo fisiológicas, así como la determinación de la calidad de la carne de conejo en animales alimentados con dietas que contienen forraje verde hidropónico de cebada con y sin H₂O₂.

6.4.1 Comportamiento productivo de la carne de conejo

En los últimos años, el interés por el consumo de productos nutraceuticos se ha incrementado en el mercado (Cesari et al., 2018). La carne es considerada como un alimento funcional con muchos compuestos bioactivos; en específico, la carne de conejo tiene propiedades nutrimentales y dietarias importantes para mejorar y mantener la salud (Dal Bosco et al., 2018). En la Figura 6.11 se muestra el peso y rendimiento de canal caliente y frío de la carne de conejos alimentados con tres tratamientos.

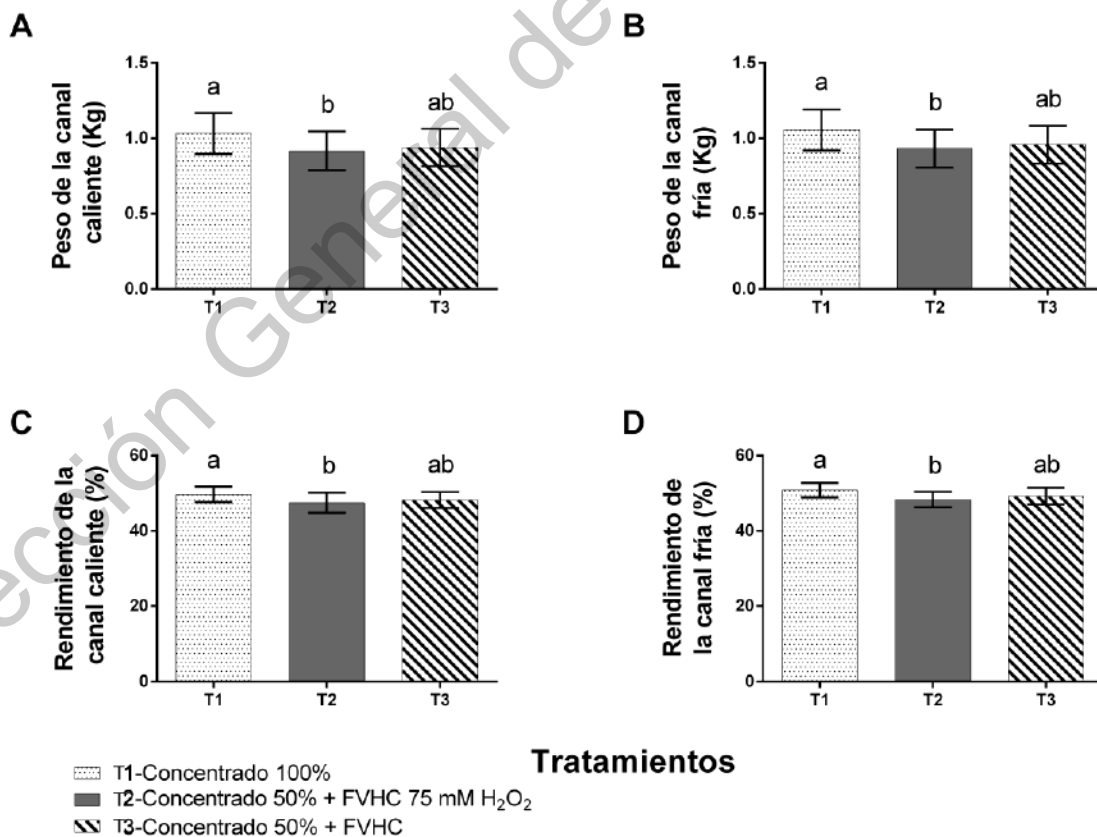


Figure 6.11. A) Peso de la canal caliente (Kg), B) Peso del canal frío (Kg), C) rendimiento de la canal caliente (%) y D) Rendimiento del canal frío (%). T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H₂O₂, T₃- Concentrado 50% + FVHC. FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada). Todos los tratamientos fueron *ad libitum*. Resultados ploteados como medias. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Para los canales caliente y frío el tratamiento con 100% concentrado tuvo diferencia significativa sobre los tratamientos con FVHC. El peso de la canal es menor al peso promedio comercial producido en los países europeos (1.2-1.5 Kg) y estaría catalogado como de bajo volumen con al menos 78 días de crianza (Rep and Rep, 2021) por lo que el peso alcanzado en este experimento es inferior al peso requerido para exportación pero se debió a que la edad de los conejos en experimentación fue corta. Se ha visto que las variaciones en la alimentación de los conejos con productos alternativos como hierbas, especies, cebada, maíz, alfalfa, vegetales, entre otros producen bajos rendimientos en la carne de diferentes especies para la producción de carne (Dalle Zotte et al., 2016; Delis-hechavarria et al., 2021; Mattioli et al., 2016; Speight, 2017).

Estudios como los de Mattioli et al. (2016) tuvieron mayor rendimiento de la canal en la carne de conejo con la suplementación con Digestarom®. Adicionalmente, el peso de la canal caliente fue mayor con la inclusión del 15% de harina de hoja de gliricidia mas multi-enzimas (1 g/Kg) en la dieta de los conejos con 35 días de edad (Oloruntola et al., 2018). El-Kady et al. (2021) tuvieron el mayor peso de canal de carne de conejo New Zealand blancos con la dieta de 33% de tallos de maíz tratados con *Trichoderma reesei* fungi (1,591.67 ±49.50) (El-Kady et al., 2021). También han sido evaluadas dietas suplementadas con desechos de productos orgánicos, como es el caso de Dabbou et al. (2017); ellos evaluaron el desecho de arándano como recurso alternativo a la dieta de los conejos; el rendimiento del canal no se vio afectado por la inclusión de esta dieta (Dabbou et al., 2017). Mientras que el efecto del desecho de tomate seco en la alimentación de conejos en crecimiento fue evaluado en las características de la canal y la calidad

de la carne (Grioui et al., 2021). Grioui et al. (2021) determinaron que el peso de la canal estuvo entre 1.27 y 1.185 Kg con los conejos alimentados con 10 y 20% del desecho de tomate seco, y obteniendo un mayor porcentaje de rendimiento (62.21%) con el tratamiento de 10% de la canal caliente mientras que en el canal frío el rendimiento fue de 59.31% con el mismo tratamiento.

Los valores obtenidos en este estudio fueron menores a los obtenidos con otros tratamientos. Sin embargo, cabe señalar que este tipo de dietas suplementadas proporcionan 2% más proteína cruda que las dietas basadas en concentrados (Mattioli et al., 2016). Asimismo, se ha estudiado que factores como ionización, acidificación, uso de la tierra impactan directamente en el peso de la canal de la producción de carne de conejo (Cesari et al., 2018). Algunos estudios señalan que la 'suavidad' de la carne está asociada con múltiples factores que implican la composición química y los cambios musculares, el estrés por descomposición de proteínas durante el sacrificio, el tiempo de procesamiento, la dieta y las condiciones de refrigeración de la canal (Martin et al., 2016). Así como, varía entre especies y razas, entre los diferentes músculos y las distancias entre los cortes por el cambio de temperatura entre los mismos al convertirse el músculo en carne. Adicionalmente, después de la cocción, la evolución mecánica de la carne es resultado de la contribución relativa de dos componentes (miofibrilar y conjuntiva) además de su interacción (Grioui et al., 2021).

6.4.2 Capacidad antioxidante de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes

Los compuestos bioactivos presentes en los alimentos funcionales son absorbidos por los animales, incrementando la capacidad antioxidante en los tejidos (Mattioli et al., 2016). Similarmente la capacidad antioxidante de las plantas y especias son derivadas de los compuestos fenólicos (flavonoides, taninos, ácidos fenólicos) y de algunas vitaminas como la vitamina E, C y A. los cuales pueden prevenir liperoxidación a través de atrapar los radicales libres (Oloruntola et al., 2018). En la Tabla 6.3 se muestra el resultado de la capacidad antioxidante de la carne de conejo evaluada en este estudio.

Tabla 6.3. Cuantificación de las actividades inhibitorias de DPPH y ABTS en moles equivalentes de Trolox Kg⁻¹ MS, y la razón de inhibición.

Carne de conejo con tratamientos	ABTS		DPPH	
	% de inhibición	rolox/mg polifenoles	% Inhibición	Trolox/ mg polifenoles
Concentrado 100%	83.29±1.67 ^a	8,623.37±158.17 ^a	95.16±2.36 ^b	62.67±1.56 ^b
Concentrado 50% + FVHC 75 mM H ₂ O ₂	84.07±1.72 ^a	8,697.59±163.52 ^a	97.52±1.87 ^a	58.33±1.12 ^c
Concentrado 50% + FVHC	82.93±1.31 ^a	8,590.16±124.31 ^a	97.60±1.63 ^a	64.87± 1.09 ^a

MS: materia seca, FVHC: Forraje Verde Hidropónico de Cebada. Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes usando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

El resultado de la actividad antioxidante medida en la carne de conejo muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a ABTS, pero si en DPPH, donde el sólo uso de forraje verde hidropónico, como complemento, incrementó la capacidad antioxidante de la carne de conejo . Algunos fitoquímicos en las plantas mejoran la capacidad antioxidante, antimicrobiana, el sabor y la palatabilidad de los alimentos, lo que podría resultar en un mayor consumo de alimento y rendimiento en los animales (Hashem et al., 2017; Oloruntola et al., 2018). Los beneficios de esta actividad antioxidante se observan en el estatus de oxidación de los tejidos, la intensificación del metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos; así como mejor salud e inmunidad del animal alimentado con dietas suplementadas con características nutraceuticas (Mattioli et al., 2016).

Hashem et al. (2017) en su estudio con suplementación de vitamina E (150 mg vitamina E/kg materia seca), raíces secas de moringa oleífera (150 o 300 mg raíces de moringa kg/ materia seca) y propolio (150 o 300mg propolis/kg materia seca) obtuvieron mayor diferencia significativa (1.93 – 1.99 mM/L) en comparación con la dieta sin suplementación (Hashem et al., 2017). Por su parte, Dal Bosco et al. (2015) en su estudio con conejos de 30 días de edad, suplementaron la dieta con 20 g/d con alfalfa y brotes de lino encontraron la presencia de ytoferol y luteina más Zeaxanthin que no estuvo presente en la carne de los conejos alimentados con la

dieta control (Dal Bosco et al., 2015). Adicionalmente, El-Desoky et al. (2017) aplicaron oralmente 50 mg/Kg del extracto etanólico de las hojas de *Moringa oleifera* en conejos de siete meses de edad; esta dosis incrementó la concentración de albumina sérica, la capacidad antioxidante total (132%) y testosterona (El-Desoky et al., 2017). Dal Bosco et al. (2018) modificó el ambiente además de la inclusión de 3% de aceite de linaza, una vez almacenado encontraron que la liperoxidación se redujo con este tratamiento después de 10 días (Dal Bosco et al., 2018). Incluyendo el estudio de Mattioli et al. (2016), en el cual la inclusión de Digestarom® a 300 mg/kg aumento los niveles de α -tocoferol que fueron absorbidos por los animales, previniendo la peroxidación lipídica mediante la extinción de los radicales libres (Mattioli et al., 2016).

Los hallazgos del estudio apoyan la inclusión del FVH de cebada en la mejora del estado oxidativo de los conejos en crecimiento. Basándose en la constitución química del FVH de cebada, estos efectos podrían atribuirse a la capacidad antioxidante que es similar a los cereales como el trigo y maíz (Narwal et al., 2016), y por su contenido de ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, tocoles (vitamina E), fitoesteroles y folatos. La mayoría de estos metabolitos activos tienen una fuerte capacidad antioxidante (Benguella et al., 2020). Informes sobre los efectos de esta categoría de aditivos alimentarios en el rendimiento del crecimiento del conejo (Maidala et al., 2020), actividad antioxidante y antibacteriana (Narwal et al., 2016), calidad de la carne (Martin et al., 2016), parámetros bioquímicos de la sangre (Shanti et al., 2017) y el rendimiento reproductivo (El-Desoky et al., 2017) fueron comparados con este estudio.

6.4.3 Ensayos de la actividad enzimática de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes

Similarmente la capacidad antioxidante de las plantas y especias son derivadas de los compuestos fenólicos (flavonoides, taninos, ácidos fenólicos) y de algunas vitaminas como la vitamina E, C y A. los cuales pueden prevenir liperoxidación a través de atrapar los radicales libres o de la activación de enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa

(Mattioli et al., 2016; Selim et al., 2021). De igual forma, estas enzimas pueden prevenir la oxidación estabilizando los radicales libres iniciados como superóxido y H_2O_2 , uno de los radicales libres más reactivos in vivo.

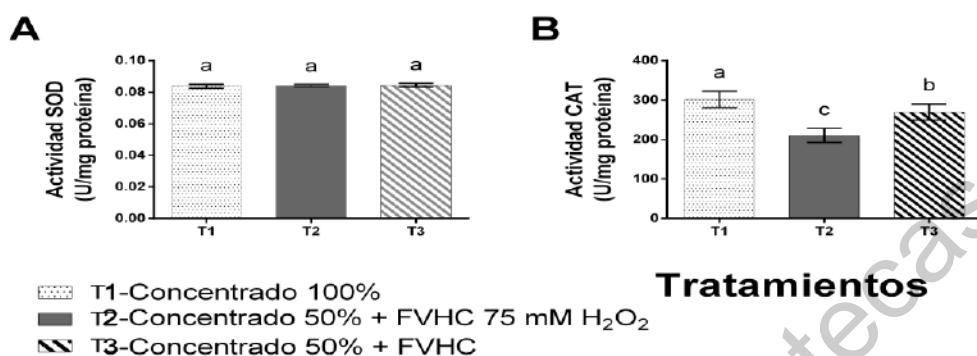


Figura 6.12. Cuantificación de la actividad enzimática en la carne de conejo alimentados con T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H_2O_2 , T₃- Concentrado 50% + FVHC. FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada): A) Superóxido dismutasa (SOD), B) Catalasa (CAT). Letras diferentes indican diferencias significativas acorde con las pruebas ANOVA y Tukey ($\alpha = 0.05$).

En este estudio, la actividad enzimática relacionada al estrés SOD en la carne de conejo no se vio afectada por las dietas suplementadas con FVHC. Sin embargo, para la actividad de CAT, las dietas suplementadas con FVHC presentaron menor actividad de esta enzima. Las actividades enzimáticas actúan debido a que los componentes de las dietas suplementarias circulan por el torrente sanguíneo, el cual distribuye y es retenido en los tejidos donde se despliega esta actividad antioxidante. Sin embargo, esta biodisponibilidad aún no se ha visto directamente demostrada debido a que no se tienen los equipos ni la técnica analítica desarrollada (Mattioli et al., 2016). Oloruntola et al. (2018) estudiaron la degradación de superóxidos en la carne de conejos. Estas dietas suplementadas con 15% de harina de hoja de gliricidia mas multi-enzimas (1 g/Kg) promovieron la eliminación del ión superóxido al aumentar la actividad de SOD. Esta tendencia no se ve reflejada en los resultados de la Figura 6.12 A y 6.12B. En el estudio de Vizzari et al. (2021) con la introducción de polisacáridos de algas pardas (*Laminaria digitate* e

hiperbórea, relación 1:1 al 0.6%) en la dieta, incrementaron SOD y glutatión peroxidasa (Vizzari et al., 2021) Un beneficio del uso de los suplementos alimenticios ricos en enzimas antioxidantes es el desarrollo idóneo de los animales, ya que estas enzimas bloquean el estrés oxidativo, ya que retrasan o previenen la oxidación de los proteínas, lípidos, ADN y carbohidratos. La actividad enzimática de PAL (Figura 6.12C) no tuvo diferencia significativa entre tratamientos. Por lo que se puede deducir que la ruta de los fenilpropanoides no se vio afectada por la inclusión de las variantes en la dieta de los conejos de este estudio.

Mattioli et al. (2016) encontraron con la suplementación de Digestarom® (300 mg/kg) que se reducía la peroxidación lipídica mediante la activación de antioxidantes enzimas como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa, debido a que estos componentes se distribuyeron en los músculos por medio de la sangre (Mattioli et al., 2016).

En los mamíferos, el sistema de defensa antioxidante incluye enzimas (superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa), proteínas extracelulares que se unen al hierro y cobre (Albúmina, transferrina, lactoferrina, haptoglobina y ceruloplasmina), vitaminas antioxidantes (vitamina C, vitamina E y β -caroteno) y otros compuestos celulares (quinonas, glutatión, ácido úrico y bilirrubina) (Jiang and Xiong, 2016). Además, varios compuestos fenólicos exógenos derivados de frutas, verduras, legumbres o ingredientes suplementarios de la dieta añadidos a los alimentos, como especias y hierbas, contribuyen a la reserva de antioxidantes (Castrica et al., 2019; Loganayaki et al., 2013; Narwal et al., 2016). Estas fuentes dietéticas de antioxidantes son esenciales cuando el cuerpo está expuesto a un alto grado de estrés radical. Asimismo, los recientes avances en los estudios de antioxidantes han permitido la posibilidad de mitigar las toxinas químicas en los productos cárnicos a través de diferentes estrategias; como, las condiciones de procesamiento térmico moderadas para reducir la formación de toxinas, la tecnología de restricción de bioaccesibilidad e intervenciones antioxidantes (Jiang and Xiong, 2016).

6.4.4 Contenido de fenoles totales de la carne de conejo alimentados con tres tratamientos diferentes

Los compuestos fenólicos tienen un rol importante como antioxidantes (Alagbe, J.O and Akintayo - Balogun Omolere. M, 2020). El contenido de fenoles cuantificados en la carne de conejo suplementada en la dieta con FVHC se muestra en la Figura 6.13.

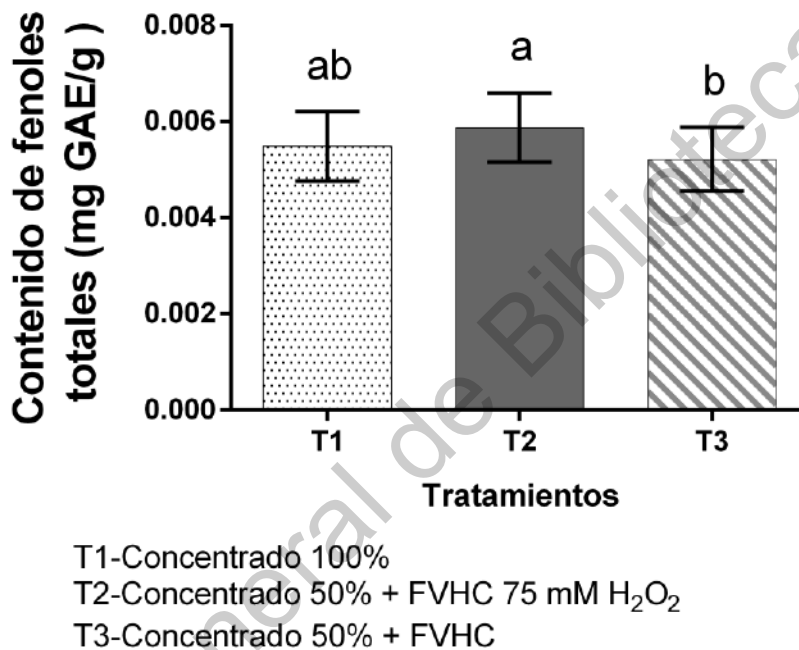


Figura 6.13. Contenido de fenoles totales (CFT, mg GAE/g) de extractos metanólicos procedentes de la carne de conejo alimentados con: T₁- Concentrado 100%, T₂- Concentrado 50% + FVHC a 75 mM H₂O₂, T₃- Concentrado 50% + FVHC. GAE (Equivalentes de ácido gálico), FVHC (Forraje verde hidropónico de cebada). Resultados ploteados como medias. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

La presencia de fenoles en la carne de conejo es un indicador importante de la capacidad antioxidante siendo los antioxidantes solubles en grasa los de mayor presencia en los tejidos (Mattioli et al., 2020). Los fenoles tienen efectos antimicrobianos en general (Branciari et al., 2021).

Vizzari et al. (2021) hicieron la suplementación con 0.6% de polisacáridos de algas pardas (*Laminaria digitata* e *hiperbórea*, relación 1:1) encontrando un efecto importante en el crecimiento, la salud y el desarrollo de los animales en general (Vizzari et al., 2021). Branciarì et al. (2021) suplementaron con 280 mg/Kg del extracto de polifenoles de residuo de oliva en la dieta de conejos. Como se esperaba, se detectaron metabolitos de polifenol de sulfato en la carne de los conejos además se encontró la reducción de *Pseudomonas* spp. En la carne durante su almacenamiento (Branciarì et al., 2021). Sin embargo, la introducción de 20% de desechos de uva que fueron incorporados en la dieta; no hubo diferencia significativa en el contenido fenólico total, en la capacidad antioxidante, el poder de inhibición antioxidante y la oxidación de lípidos en la carne (Bouzaida et al., 2021). Selim et al. (2021) alimentaron conejos por 42 días con hojas de *Moringa oleifera*, y relacionaron la baja presencia de colesterol en los músculos longissimus lumborum con la presencia de fenoles en las hojas de moringa, ya que actúan como un agente hipocolesterolémico natural. Asimismo, esta dieta puede contribuir a un nivel elevado de componentes como fenoles, taninos y fitato en la carne (Selim et al., 2021). Menchetti et al. (2020) suplementaron la dieta de conejos New Zealand con bayas de Goji (al 3%) aumentó el contenido fenólico (24.96 mg GAE/100 g) y las propiedades antioxidantes en el músculo (Castrica et al., 2020; Menchetti et al., 2020).

La actividad antioxidante de ambos sistemas de radicales (DPPH y ABTS) y también de los compuestos fenólicos totales estuvo influenciada por el genotipo y por el medio ambiente. Asimismo, la inclusión de alimentos altos en compuestos fenólicos y capacidad antioxidante para la alimentación del ganado puede modular el contenido de compuestos fenólicos en los músculos y que el alimento rico en fenoles puede incrementar el nivel de antioxidantes en los tejidos (Menchetti et al., 2020b). Por tanto, tanto el genotipo como el medio ambiente juegan un papel importante en la determinación de la actividad antioxidante y el contenido fenólico de la carne de conejo (Dal Bosco et al., 2018).

El FVHC es una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados y compuestos antioxidantes bioactivos, por lo que posee un buen potencial para la valorización en usos en la industria de alimento de ganado (Li et al., 2018).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

VII. CONCLUSIONES

Para conejos de engorda, la suplementación con 50% de gránulos + FVHC (Forraje de cebada verde hidropónico de cebada), con semillas tratadas o no con 75 mM H₂O₂, no tiene efectos adversos sobre el rendimiento del crecimiento, las características de la canal. Así, el FVHC podría contemplarse como una fuente de fibra para la producción de carne de conejo, que tiene un alto contenido en fitoquímicos y fibra. Se demostró que al suministrar forraje verde hidropónico a los conejos a los conejos, como complemento al alimento concentrado, se incrementa la capacidad antioxidante y la cantidad de fenoles en la carne. Se requieren más estudios para llevar a cabo los presentes resultados, considerando también la digestibilidad de los nutrientes, así como el efecto de la elicitación de 75 mM H₂O₂ sobre el FVHC en la microbiota intestinal. Los resultados confirmaron la importancia del alimento comercial (pellets), sin embargo, se puede reducir en un 50% y reemplazar por acelgas o FVHC. Esta reducción tuvo importantes ventajas como la reducción del costo de los pellets, la acelga y el FVHC son más baratos y fáciles de conseguir. Además, al incluir acelgas y FVHC en la dieta, se obtuvieron efectos positivos que esto tiene un efecto en el rendimiento y morfológico en conejos. Por el contrario, las dietas 100% basadas en forraje o acelga disminuyeron la salud y el rendimiento de los animales.

VIII. REFERENCIAS

- Abbey, Lord, Cai, J., Gunupuru, L.R., Ijenyo, M., Esan, E.O., Lin, S., 2020. Nutrient Release Pattern and Greenhouse-Grown Swiss Chard Response to Biochar Inoculated with Vermicast. *Int. J. Agron.* 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7852187>
- Abdelatty, A.M., Mohamed, S.A., Moustafa, M.M.A., Al-Mokaddem, A.K., Baker, M.R., Elolimy, A.A., Elmedany, S.A., Hussein, S., Farid, O.A.A., Sakr, O.G., Elhady, M.A., Bionaz, M., 2019. Nutrigenomic effect of conjugated linoleic acid on growth and meat quality indices of growing rabbit. *PLoS One* 14, 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222404>
- Ahmad, I., Basra, S.M.A., Afzal, I., Farooq, M., Wahid, A., 2013. Stand Establishment Improvement in Spring Maize through Exogenous Application of Ascorbic Acid, Salicylic Acid and Hydrogen Peroxide in a field study. *Int. J. Agric. Biol.* 15, 95–100.
- Ahmed, I.M., Cao, F., Zhang, M., Chen, X., Zhang, G., Wu, F., 2013. Difference in Yield and Physiological Features in Response to Drought and Salinity Combined Stress during Anthesis in Tibetan Wild and Cultivated Barleys. *PLoS One* 8, 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077869>
- Al-Tawaha, Abdel Razzaq, Al-Karaki, G., Al-Tawaha, Abdel Rahman, Sirajuddin, S.N., Makhadmeh, I., Wahab, P.E.M., Youssef, R.A., Al Sultan, W., Massadeh, A., 2018. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulg. J. Agric. Sci.* 24, 793–800.
- Alagbe, J.O, Akintayo - Balogun Omolere. M, 2020. Effect of dietary supplementation of Albizia Lebbeck seed oil on the fatty acid composition of weaner rabbits. *Int. J. Integr. Educ.* 3, 137–143. <https://doi.org/10.31149/ijie.v3i10.704>
- Alarcón-Flores, M.I., Romero-González, R., Martínez Vidal, J.L., Garrido Frenich, A., 2016. Multiclass Determination of Phenolic Compounds in Different Varieties of Tomato and Lettuce by Ultra High Performance Liquid Chromatography

- Coupled to Tandem Mass Spectrometry. *Int. J. Food Prop.* 19, 494–507. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.978010>
- Asian, S., Hafezalkotob, A., John, J.J., 2019. Sharing economy in organic food supply chains: A pathway to sustainable development. *Int. J. Prod. Econ.* 218, 322–338. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.010>
- Bahreman, N., 2018. Determination of the optimum conditions and effect of some environmental stresses on seed germination and seedling growth of chard plant (*Beta vulgaris* var. *cicla*). *Environ. Stress. Crop Sci.* 11, Pe313–Pe325.
- Barickman, T.C., Kopsell, D.A., 2016. Nitrogen form and ratio impact Swiss chard (*Beta vulgaris* subsp. *cicla*) shoot tissue carotenoid and chlorophyll concentrations. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 204, 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.007>
- Benguella, R., Meziani, S., Ghueffari, I., Menadi, N., Chenni, F.Z., Labga, L., Saidani, S., Barak, S., Aissaouia, M., Rahmoun, N.M., Demmouche, A., 2020. Bioactive Compounds in the Peripheral Layers of Barley and Triticale Species in the Mature Grain Cultivated in Algeria. *J. Drug Deliv. Ther.* 10, 37–43. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i4.4206>
- Bigliardi, B., Galati, F., 2013. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends Food Sci. Technol.* 31, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Borzi, F., Torrieri, E., Wrona, M., Nerín, C., 2019. Polyamide modified with green tea extract for fresh minced meat active packaging applications. *Food Chem.* 300, 125242. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125242>
- Bouzaida, M.D., Resconi, V.C., Gimeno, D., Romero, J. V., Calanche, J.B., Barahona, M., Olleta, J.L., María, G.A., 2021. Effect of dietary grape pomace on fattening rabbit performance, fatty acid composition, and shelf life of meat. *Antioxidants* 10. <https://doi.org/10.3390/antiox10050795>
- Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D., Kaygisiz Aşçıoğlu, T., 2016. Diversity pattern among agromorphological traits of the Swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*)

genetic resources of Turkey. *Turkish J. Agric. For.* 40, 684–695.
<https://doi.org/10.3906/tar-1512-80>

Bozokalfa, M.K., Yağmur, B., Aşçıoğlu, T.K., Eşiyok, D., 2011. Diversity in nutritional composition of Swiss chard (*Beta vulgaris* subsp. *L. var. cicla*) accessions revealed by multivariate analysis. *Plant Genet. Resour. Characterisation Util.* 9, 557–566. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000876>

Branciarri, R., Galarini, R., Trabalza-Marinucci, M., Miraglia, D., Roila, R., Acuti, G., Giusepponi, D., Dal Bosco, A., Ranucci, D., 2021. Effects of olive mill vegetation water phenol metabolites transferred to muscle through animal diet on rabbit meat microbial quality. *Sustain.* 13. <https://doi.org/10.3390/su13084522>

Brenes, A., Viveros, A., Chamorro, S., Arija, I., 2016. Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 211, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.016>

Burr, G.O., Burr, M.M., Miller, E.S., 1932. on the Fatty Acids Essential in Nutrition. lii. *J. Biol. Chem.* © 1932 ASBMB. Currently published by Elsevier Inc; originally published by American Society for Biochemistry and Molecular Biology. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)76213-3](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)76213-3)

Buzala, M., Słomka, A., Janicki, B., 2016. Heme iron in meat as the main source of iron in the human diet. *J. Elem.* 21, 303–314.
<https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.1.850>

Cao, Y., Li, D., 2013. Impact of increased demand for animal protein products in Asian countries: Implications on global food security. *Anim. Front.* 3, 48–55.
<https://doi.org/10.2527/af.2013-0024>

Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C., Trabalza Marinucci, M., Dalle Zotte, A., 2015. Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livest. Sci.* 175, 83–89.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.010>

- Castrica, M., Menchetti, L., Balzaretto, C.M., Branciaro, R., Ranucci, D., Cotozzolo, E., Vigo, D., Curone, G., Brecchia, G., Miraglia, D., 2020. Impact of dietary supplementation with goji berries (*Lycium barbarum*) on microbiological quality, physico-chemical, and sensory characteristics of rabbit meat. *Foods* 9, 1–15.
- Castrica, M., Rebucci, R., Giromini, C., Tretola, M., Cattaneo, D., Baldi, A., 2019. Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. *Ital. J. Anim. Sci.* 18, 336–341. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1529544>
- Çavuşoğlu, K., Kabar, K., 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. *EurAsian J. Biosci.* 79, 70–79. <https://doi.org/10.5053/ejobios.2010.4.0.9>
- Cesari, V., Zucali, M., Bava, L., Gislou, G., Tamburini, A., Toschi, I., 2018. Environmental impact of rabbit meat: The effect of production efficiency. *Meat Sci.* 145, 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.011>
- Chauhan, D., Husain, N., Hussain Trak, T., -Bhaandi, A., Bhindaka, B., Folk-Bhindi, R., 2017. Ethnomedicinal and Pharmacognostical Studies of Some Traditionally Important Medicinal Plants From Three Districts of Chhattisgarh, India. *Indian J.Sci.Res* 15, 69–76.
- Cheng, J., Sun, Z., Li, X., Yu, Y., 2020. Effects of modified nanoscale carbon black on plant growth, root cellular morphogenesis, and microbial community in cadmium-contaminated soil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 18423–18433. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08081-z>
- Chrisdiana, R., 2018. Quality and Quantity of Sorghum Hydroponic Fodder from Different Varieties and Harvest Time. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 119. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/119/1/012014>
- Corbo, M.R., Bevilacqua, A., Petrucci, L., Casanova, F.P., Sinigaglia, M., 2014. Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods: Commercial Trends, Research, and Health Implications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13, 1192–1206. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>

- Dabbou, Sihem, Gai, F., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, Samia, Lussiana, C., Kovitvadh, A., Brugiapaglia, A., De Marco, M., Helal, A.N., Zoccarato, I., Gasco, L., 2017. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci.* 124, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.013>
- Dal Bosco, A., Castellini, C., Martino, M., Mattioli, S., Marconi, O., Sileoni, V., Ruggeri, S., Tei, F., Benincasa, P., 2015. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. *Meat Sci.* 106, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.021>
- Dal Bosco, A., Mattioli, S., Cullere, M., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Matics, Z., Castellini, C., Szin, M., Dalle Zotte, A., 2018. Effect of diet and packaging system on the oxidative status and polyunsaturated fatty acid content of rabbit meat during retail display. *Meat Sci.* 143, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.004>
- Dalle Zotte, A., Celia, C., Szendro, Z., 2016. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livest. Sci.* 189, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Sartori, A., Szendro, Z., Kovács, M., Giaccone, V., Dal Bosco, A., 2014. Dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) supplementation to growing rabbits: Effects on raw and cooked meat quality, nutrient true retention and oxidative stability. *Meat Sci.* 98, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.005>
- Dalle Zotte, A., Szendro, K., Gerencsér, Z., Szendro, Z., Cullere, M., Odermatt, M., Radnai, I., Matics, Z., 2015. Effect of genotype, housing system and hay supplementation on carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Meat Sci.* 110, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.012>
- Dalle Zotte, A., Szendro, Z., 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci.* 88, 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>

- DeFelice, S.L., 1995. The nutraceutical revolution: its impact on food industry R&D. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 59–61. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88944-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88944-X)
- Delis-hechavarria, E.A., Guevara-gonzalez, R.G., Ocampo-velazquez, R. V, Gomez-soto, J.G., 2021. Functional Food for Rabbits . Current Approaches and Trends to Increase Functionality.
- Dewick, P.M., 2009. Medicinal Natural Products A Biosynthetic Approach, Third. ed, John Wiley & Sons. Chippenham.
- Dorey, S., Kopp, M., Geoffroy, P., Fritig, B., Kauffmann, S., 1999. Hydrogen peroxide from the oxidative burst is neither necessary nor sufficient for hypersensitive cell death induction, phenylalanine ammonia lyase stimulation, salicylic acid accumulation, or scopoletin consumption in cultured tobacco cells treated with . *Plant Physiol.* 121, 163–171. <https://doi.org/10.1104/pp.121.1.163>
- Dorin, S., Mariana, U., Andrada, I., 2018. Research on the cultivar's influence on plant height and leaf characteristics of the swiss chard culture XXXI, 71–76.
- Echeverri, D., Purushothaman, K.-R., Moreno, P.R., 2008. Reparação vascular após implante de stents não-farmacológicos e farmacológicos em modelo experimental de fibroateroma de capa fina em coelhos. *Rev. Bras. Cardiol. Invasiva* 16, 474–481. <https://doi.org/10.1590/s2179-83972008000400018>
- Ekinci, M., Ors, S., Yildirim, E., Turan, M., Sahin, U., Dursun, A., Kul, R., 2020. Determination of Physiological Indices and Some Antioxidant Enzymes of Chard Exposed to Nitric Oxide under Drought Stress. *Russ. J. Plant Physiol.* 67, 740–749. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040056>
- El-Desoky, N.I., Hashem, N.M., Elkomy, A., Abo-Elezz, Z.R., 2017. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 11, 1549–1557. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000088>
- El-Kady, R.I., Morad, A.A., Elnattat, W.S., 2021. Response of Carcass Characteristics of Growing White New Zealand Rabbit Fed on Different

- Biological Treated Roughages. Egypt. J. Vet. Sci. 52, 301–310.
<https://doi.org/10.21608/ejvs.2019.17122.1098>
- El-Tantawy, E.M., 2009. Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. Pakistan J. Biol. Sci.
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.1164.1173>
- FAO, 2021. FAOSTAT Ganadería.
- Franken, A.C.W., Lokman, B.C., Ram, A.F.J., Punt, P.J., Van Den Hondel, C.A.M.J.J., De Weert, S., 2011. Heme biosynthesis and its regulation: Towards understanding and improvement of heme biosynthesis in filamentous fungi. Appl. Microbiol. Biotechnol. 91, 447–460. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3391-3>
- Gamba, M., Raguindin, P.F., Asllanaj, E., Merlo, F., Glisic, M., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Kern, H., Muka, T., 2020. Bioactive compounds and nutritional composition of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* and *flavescens*): a systematic review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 0, 1–16.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1799326>
- Gammone, M.A., Riccioni, G., D'Orazio, N., 2015. Marine carotenoids against oxidative stress: Effects on human health. Mar. Drugs 13, 6226–6246.
<https://doi.org/10.3390/md13106226>
- Gollan, P.J., Aro, E.M., 2020. Photosynthetic signalling during high light stress and recovery: Targets and dynamics. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 375, 3–5.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0406>
- Gómez-Caravaca, A.M., Verardo, V., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., Caboni, M.F., 2014. Phenolic compounds and saponins in plants grown under different irrigation regimes, Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397934-6.00003-6>
- Grioui, N., Boukhris, H., Damergi, C., Hajji, W., Riahi, H., Abderrabba, M., Najjar, T.,

- Mejri, M., 2021. Dried tomato pomace in rabbit nutrition: effects on carcass characteristics and meat quality. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* 45, 281–287. <https://doi.org/10.3906/vet-2004-114>
- Guevara-González, R.G., Aranda, A.L. V., Jiménez, N.I.F., Roséndiz, M.M., 2020. *Elicidores en la agricultura: bases teóricas y algunas aplicaciones*, 1°. ed. Universidad de Almería.
- Gutiérrez-Salmeán, G., Fabila-Castillo, L., Chamorro-Cevallos, G., 2015. Aspectos nutricionales y toxicológicos de spirulina (*arthrospira*). *Nutr. Hosp.* 32, 34–40. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.9001>
- Gyarmati, G., 2019. Organic food consumption in a central European region. *Int. Multidiscip. Sci. GeoConference Surv. Geol. Min. Ecol. Manag. SGEM* 19, 539–546. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/5.3/S21.068>
- Hashem, N.M., Abd El-Hady, A.M., Hassan, O.A., 2017. Inclusion of phytogetic feed additives comparable to vitamin E in diet of growing rabbits: Effects on metabolism and growth. *Ann. Agric. Sci.* 62, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2017.11.003>
- Havir, E.A., McHale, N.A., 1989. Regulation of Catalase Activity in Leaves of *Nicotiana sylvestris* by High CO₂. *Plant Physiol.* 89, 952–957. <https://doi.org/10.1104/pp.89.3.952>
- Heil, C.S., Wehrheim, S.S., Paithankar, K.S., Grininger, M., 2019. Fatty Acid Biosynthesis: Chain-Length Regulation and Control. *ChemBioChem* 20, 2298–2321. <https://doi.org/10.1002/cbic.201800809>
- Hennion, N., Durand, M., Vriet, C., Doidy, J., Maurousset, L., Lemoine, R., Pourtau, N., 2019. Sugars en route to the roots. Transport, metabolism and storage within plant roots and towards microorganisms of the rhizosphere. *Physiol. Plant.* 165, 44–57. <https://doi.org/10.1111/ppl.12751>
- Hessini, K., Kronzucker, H.J., Abdelly, C., Cruz, C., 2017. Drought stress obliterates the preference for ammonium as an N source in the C₄ plant *Spartina alterniflora*. *J. Plant Physiol.* 213, 98–107.

<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.03.003>

Hessini, K., Lachaâl, M., Cruz, C., Soltani, A., 2009. Role of ammonium to limit nitrate accumulation and to increase water economy in wild swiss chard. *J. Plant Nutr.* 32, 821–836. <https://doi.org/10.1080/01904160902787917>

Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., Hemantaranjan, A., 2019. Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 25, 313–326. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0633-1>

Holub, P., Nezval, J., Štroch, M., Špunda, V., Urban, O., Jansen, M.A.K., Klem, K., 2018. Induction of phenolic compounds by UV and PAR is modulated by leaf ontogeny and barley genotype. *Plant Physiol. Biochem.* 134, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.08.012>

Hussain, I., Parveen, A., Rasheed, R., Ashraf, M.A., Ibrahim, M., Riaz, S., Afzaal, Z., Iqbal, M., 2019. Exogenous Silicon Modulates Growth, Physio-Chemicals and Antioxidants in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Exposed to Different Temperature Regimes. *Silicon* 11, 2753–2762. <https://doi.org/10.1007/s12633-019-0067-6>

Jalal, A., Oliveira Junior, J.C. de, Ribeiro, J.S., Fernandes, G.C., Mariano, G.G., Trindade, V.D.R., Reis, A.R. dos, 2021. Hormesis in plants: Physiological and biochemical responses. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 207. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111225>

Jamwal, K., Bhattacharya, S., Puri, S., 2018. Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.12.003>

Jarc, E., Petan, T., 2019. Lipid droplets and the management of cellular stress. *Yale J. Biol. Med.* 92, 435–452.

Jędrszczyk, E., Skowera, B., Kędzior, R., Gawęda, M., 2017. The influence of ethephon application to processing tomato plants on yield structure in relation to weather conditions during the growing period. *Folia Hortic.* 29, 75–81. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0008>

- Jiang, J., Xiong, Y.L., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *MESC* 120, 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.005>
- John, J.A., 2012. Effect of drug-drug and drug-herbal interactions on the pharmacokinetics and pharmacodynamics of racemic warfarin. Texas Southern University.
- Kabera, J.N., Semana, E., Mussa, A.R., He, X., 2014. Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *J. Pharm. Pharmacol.* 2, 377–392. [https://doi.org/10.1016/0300-9084\(96\)82199-7](https://doi.org/10.1016/0300-9084(96)82199-7)
- Kaburagi, E., Yamada, M., Fujiyama, H., 2015. Sodium, but not potassium, enhances root to leaf nitrate translocation in Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.). *Environ. Exp. Bot.* 112, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.11.007>
- Kaciene, G., Žaltauskaite, J., Milče, E., Juknys, R., Kacienė, G., Milčė, J.Ž.E., Juknys, R., 2014. Role of oxidative stress on growth responses of spring barley exposed to different environmental stressors. *J. Plant Ecol.* 8, 605–616. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv026>
- Kang, J.H., Song, K. Bin, 2021. Antimicrobial activity of honeybush (*Cyclopia intermedia*) ethanol extract against foodborne pathogens and its application in washing fresh-cut Swiss chard. *Food Control* 121, 107674. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107674>
- Kilic, S., Kahraman, A., 2016. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. *Polish J. Environ. Stud.* 25, 1053–1059. <https://doi.org/10.15244/pjoes/61852>
- Kobus-Cisowska, J., Szulc, P., Szczepaniak, O., Dziędziński, M., Szymanowska, D., Szymandera-Buszka, K., Gorynska-Goldmann, E., Gazdecki, M., Telichowska, A., Ligaj, M., 2020. Variability of *Hordeum vulgare* L. Cultivars in Yield, Antioxidant Potential, and Cholinesterase Inhibitory Activity. *Sustain.* 12, 1938.

- Kozłowska, I., Marć-Pieńkowska, J., Bednarczyk, M., 2016. Beneficial Aspects of Inulin Supplementation as a Fructooligosaccharide Prebiotic in Monogastric Animal Nutrition - A Review. *Ann. Anim. Sci.* 16, 315–331. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0090>
- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G.A., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale, S., Roupael, Y., 2019. Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chem.* 277, 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.098>
- Lehnen, T.E., da Silva, M.R., Camacho, A., Marcadenti, A., Lehnen, A.M., 2015. A review on effects of conjugated linoleic fatty acid (CLA) upon body composition and energetic metabolism. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 12. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0097-4>
- Li, D., Wang, Pan, Wang, Pengpu, Hu, X., Chen, F., 2018. Gut microbiota promotes production of aromatic metabolites through degradation of barley leaf fiber. *J. Nutr. Biochem.* 58, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.05.001>
- Lipiński, K., Mazur, M., Antoszkiewicz, Z., Purwin, C., 2017. Polyphenols in monogastric nutrition - A review. *Ann. Anim. Sci.* 17, 41–58. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0042>
- Liu, L., Ueda, A., Saneoka, H., 2013. Physiological responses of white swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*) to saline and alkaline stresses. *Aust. J. Crop Sci.* 7, 1046–1052.
- Loganayaki, N., Siddhuraju, P., Manian, S., 2013. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity of phenolic extracts from *Helicteres isora* L. and *Ceiba pentandra* L. *J. Food Sci. Technol.* 50, 687–695. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0389-x>
- Lu, X., Tang, K., Li, P., 2016. Plant metabolic engineering strategies for the production of pharmaceutical terpenoids. *Front. Plant Sci.* 7, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01647>

- Luciano, Á.J., Irineo, T.P., Virginia, O.V.R., Feregrino-Pérez, A.A., Hernández, A.C., Gerardo, G.G.R., 2017. Integrating plant nutrients and elicitors for production of secondary metabolites, sustainable crop production and human health: A review. *Int. J. Agric. Biol.* 19, 391–402. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0297>
- Madhujith, T., Izydorczyk, M., Shahidi, F., 2006. Antioxidant properties of pearled barley fractions. *J. Agric. Food Chem.* 54, 3283–3289. <https://doi.org/10.1021/jf0527504>
- Maidala, A., Ahmed, B., Usman, I., 2020. Carcass Yield and Economics of Production of Growing Rabbits (*Oryctolagus Cuniculus*) Fed Different Types and Levels of Rumen Content. <https://doi.org/10.9790/2402-1407034347>
- Maqbool, M.A., Aslam, M., Akbar, W., Iqbal, Z., 2017. Biological importance of vitamins for human health : A review Fat soluble vitamins : Vitamin D : Vitamin A : *Agric. Basic Sci.* 2, 50–58.
- Martin, J.C., Cleveland, B.D., Jones, T.F., Macdonald, Jim C, Sullivan, G., Martin, J.C., Cleveland, B.D., Jones, T.F., Macdonald, James C, Sullivan, G.A., 2016. Effect of Feeding Dried De-oiled Distillers Grains and Addition of Postmortem Antioxidants on Ground Beef Shelf Life Effect of Feeding Dried De- oiled Distillers Grains and Addition of Postmortem Antioxidants on Ground Beef Shelf Life. *Nebraska Beef Cattle Reports* 889.
- Martínez, L., Ros, G., Nieto, G., 2018. Fe, zn and se bioavailability in chicken meat emulsions enriched with minerals, hydroxytyrosol and extra virgin olive oil as measured by Caco-2 cell model. *Nutrients* 10. <https://doi.org/10.3390/nu10080969>
- Martins, C., Cullere, M., Zotte, A.D., Cardoso, C., Alves, S.P., De Bessa, R.J.B., Freire, J.P.B., Falcaõ-E-Cunha, L., 2018. Incorporation of two levels of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits: Effects on growth performance and diet digestibility. *Czech J. Anim. Sci.* 63, 356–362. <https://doi.org/10.17221/22/2018-CJAS>
- Martirosyan, D.M., Singh, J., 2015. A new definition of functional food by FFC : what

makes a new definition unique? *Funct. Foods Heal. Dis.* 5, 209–223.
<https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>

Mattioli, S., Castellini, C., Mancini, S., Roscini, V., Cartoni Mancinelli, A., Cotozzolo, E., Pauselli, M., Dal Bosco, A., 2020. Effect of trub and/or linseed dietary supplementation on in vivo oxidative status and some quality traits of rabbit meat. *Meat Sci.* 163, 108061. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108061>

Mattioli, S., Dal Bosco, A., Szendrő, Z., Cullere, M., Gerencsér, Z., Matics, Z., Castellini, C., Dalle Zotte, A., 2016. The effect of dietary Digestarom® herbal supplementation on rabbit meat fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant content. *Meat Sci.* 121, 238–242. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.024>

Mazid, M., Khan, T.A., Mohammad, F., 2011. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biol. Med.* 3, 232–249.

Mejía-Teniente, L., Durán-Flores, B.A., Torres-Pacheco, I., González-Chavira, M.M., Rivera-Bustamante, R.F., Feregrino-Perez, A.A., Pérez-Ramírez, I., Rocha-Guzmán, N.E., Reynoso-Camacho, R., Guevara-González, R.G., 2019. Hydrogen peroxide protects pepper (*Capsicum annuum* L.) against pepper golden mosaic geminivirus (PepGMV) infections. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 106, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2018.11.008>

Menchetti, L., Brecchia, G., Branciarri, R., Barbato, O., Fioretti, B., Codini, M., Bellezza, E., Trabalza-Marinucci, M., Miraglia, D., 2020a. The effect of Goji berries (*Lycium barbarum*) dietary supplementation on rabbit meat quality. *Meat Sci.* 161, 108018. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108018>

Menchetti, L., Brecchia, G., Branciarri, R., Barbato, O., Fioretti, B., Codini, M., Bellezza, E., Trabalza-Marinucci, M., Miraglia, D., 2020b. The effect of Goji berries (*Lycium barbarum*) dietary supplementation on rabbit meat quality. *Meat Sci.* 161, 108018. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108018>

Miah, A.G., Osman, A.A., Mobarak, H., Parveen, R., Salma, U., 2020. Evaluation of supplementation of hydroponic fodder on productive and reproductive performance of rabbit 02.

- Morales, M.A., Fuente, B., Juárez, M., Ávila, E., 2009. Short communication: effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 17, 35–38.
- Mourvaki, E., Cardinali, R., Dal Bosco, A., Corazzi, L., Castellini, C., 2010. Effects of flaxseed dietary supplementation on sperm quality and on lipid composition of sperm subfractions and prostatic granules in rabbit. *Theriogenology* 73, 629–637. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.10.019>
- Mroczek, A., Klimczak, U., Kowalczyk, M., 2021. Determination of Saponins in Leaves of Four Swiss Chard (*Beta vulgaris* L.) Cultivars by UHPLC-CAD/QTOF-MS/MS. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 71, 147–159. <https://doi.org/10.31883/pjfn/134623>
- Munekata, P.E.S., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., Lorenzo, J.M., 2020. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Curr. Opin. Food Sci.* 31, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>
- Murakami, M., Shimbara, S., Kambe, T., Kuwata, H., Winstead, M. V., Tischfield, J.A., Kudo, I., 1998. The functions of five distinct mammalian phospholipase A2s in regulating arachidonic acid release: Type IIA and type V secretory phospholipase A2s are functionally redundant and act in concert with cytosolic phospholipase A2. *J. Biol. Chem.* 273, 14411–14423. <https://doi.org/10.1074/jbc.273.23.14411>
- Mzoughi, Z., Chahdoura, H., Chakroun, Y., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Morales, P., Mosbah, H., Flamini, G., Snoussi, M., Majdoub, H., 2019. Wild edible Swiss chard leaves (*Beta vulgaris* L. var. cicla): Nutritional, phytochemical composition and biological activities. *Food Res. Int.* 119, 612–621. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.039>
- Narwal, S., Kumar, D., Verma, R.P.S., 2016. Effect of Genotype, Environment and Malting on the Antioxidant Activity and Phenolic Content of Indian Barley. *J. Food Biochem.* 40, 91–99. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12198>

- Newell, R., Newman, L., Dickson, M., Vanderkooi, B., Fernback, T., White, C., 2021. Hydroponic fodder and greenhouse gas emissions: a potential avenue for climate mitigation strategy and policy development. *Facets* 6, 334–357. <https://doi.org/10.1139/FACETS-2020-0066>
- Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H., Foyer, C.H., 2002. Interactions between biosynthesis, compartmentation and transport in the control of glutathione homeostasis and signalling. *J. Exp. Bot.* 53, 1283–1304. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1283>
- Obata, T., 2019. Metabolons in plant primary and secondary metabolism. *Phytochem. Rev.* 18, 1483–1507. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09619-x>
- Oloruntola, O.D., Agbede, J.O., Ayodele, S.O., Ayedun, E.S., Daramola, O.T., Oloruntola, D.A., 2018. Gliricidia leaf meal and multi-enzyme in rabbits diet: Effect on performance, blood indices, serum metabolites and antioxidant status. *J. Anim. Sci. Technol.* 60, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0182-8>
- Ortega-Rodés, P., Grimm, B., Ortega, E., 2014. Evolutionary, physiological and biotechnological aspects of ferrochelatase and heme in higher plants. *Biotechnol. Apl.* 31, 176–186.
- Pacheco, F., Blanco, M., 2020. Fenoles Totales Y Flavonoides En Semillas De *Swietenia Macrophylla* King Y *Swietenia Humilis* Zuccarini. *Rev. la Fac. Med.* 43, 59–76.
- Perez, J.M., Lebas, F., Gidenne, T., Maertens, L., Xiccato, G., Parigi-Bini, R., Dalle Zotte, A., E, C.M., Carazzolo, A., Villamide, M.J., Carabaño, R., Fraga, M.J., Ramos, M.A., Cervera, C., Blas, E., Fernández-Carmona, J., Falcão-e-Cunha, L., Bengala Freire, J., 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*
- Petkowski, J.J., Bains, W., Seager, S., 2018. Natural Products Containing a Nitrogen-Sulfur Bond. *J. Nat. Prod.* 81, 423–446. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00921>
- Petracci, M., Bianchi, M., Cavani, C., 2009. Development of rabbit meat products

- fortified with n-3 polyunsaturated fatty acids. *Nutrients* 1, 111–118.
<https://doi.org/10.3390/nu1020111>
- Petracci, M., Soglia, F., Leroy, F., 2018. Rabbit meat in need of a hat-trick: from tradition to innovation (and back). *Meat Sci.* 146, 93–100.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.003>
- Petrescu, D.C., Petrescu-Mag, R.M., 2018. Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Sci.* 26, 321–333.
<https://doi.org/10.4995/wrs.2018.10435>
- Plumecocq, G., Debril, T., Duru, M., Magrini, M.B., Sarthou, J.P., Therond, O., 2018. The plurality of values in sustainable agriculture models: Diverse lock-in and coevolution patterns. *Ecol. Soc.* 23. <https://doi.org/10.5751/ES-09881-230121>
- Racchi, M.L., 2013. Antioxidant defenses in plants with attention to prunus and citrus spp. *Antioxidants* 2, 340–369. <https://doi.org/10.3390/antiox2040340>
- Rahman, MZ, Reza, A., Siddiki, M., Hossain, M., Asaduzzaman, M., Rahman, MM, 2015. Effect of pellet and mash feeding on the performance of growing rabbit. *Bangladesh J. Anim. Sci.* 44, 100–105.
<https://doi.org/10.3329/bjas.v44i2.26008>
- Rasinska, E., Rutkowska, J., Czarniecka-Skubina, E., Tambor, K., 2019. Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat. *Lwt* 110, 64–70.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.067>
- Ren, S.C., Sun, J.T., 2014. Changes in phenolic content, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity, and antioxidant capacity of two buckwheat sprouts in relation to germination. *J. Funct. Foods* 7, 298–304.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.031>
- Rep, G.D., Rep, G.D., 2021. International trade Rabbit meat quality 4–9.
- Rica, N., Geiker, W., Bertram, H.C., Mejbörn, H., Dragsted, L.O., Kristensen, L., Carrascal, J.R., Bügel, S., Astrup, A., 2021. Meat and Human Health—Current Knowledge and Research Gaps 1–17.

- Rioba, N.B., Opala, P.A., Bore, J.K., Ochanda, S.O., Sitienei, K., 2020. Effects of Vermicompost, Tithonia Green Manure and Urea on Quality of Swiss Chard (*Beta Vulgaris* L. Var. Cicla L.) in Kenya. *Sustain. Agric. Res.* 9, 55. <https://doi.org/10.5539/sar.v9n2p55>
- Sacan, O., Yanardag, R., 2010. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of chard (*Beta vulgaris* L. var. cicla). *Food Chem. Toxicol.* 48, 1275–1280. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.02.022>
- Salas-Pérez, L., Borroel-García, V.J., Ramírez-Aragón, M.G., Moncayo-Luján, M. del R., 2018. Efecto de la adición de ácido ascórbico y té de composta en la producción y capacidad antioxidante de forraje hidropónico de maíz. *Nov. Sci.* 10, 47. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1168>
- Sang, Y.K., Lim, J.H., Myoung, R.P., Young, J.K., Tae, I.P., Yong, W.S., Kyeong, G.C., Song, J.Y., 2005. Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *J. Biochem. Mol. Biol.* 38, 218–224. <https://doi.org/10.5483/bmbrep.2005.38.2.218>
- Schuller, P., Castillo, A., Voigt, G., Semioshkina, N., 2018. Radiocaesium transfer from volcanic soils to Swiss chard, cabbage and sweet corn. *J. Environ. Radioact.* 192, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.06.003>
- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A., 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74, 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- Seaman, C., 2017. Investigation of nutrient solutions for the hydroponic growth of plants.
- Selim, S., Seleiman, M.F., Hassan, M.M., Saleh, A.A., Mousa, M.A., 2021. Impact of dietary supplementation with moringa oleifera leaves on performance, meat characteristics, oxidative stability, and fatty acid profile in growing rabbits. *Animals* 11, 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani11020248>
- Shang, S.M., Wu, Z.Y., Liu, G.Y., Sun, C.R., Ma, M.W., Li, F.C., 2017. Effect of

- substituting Guinea grass with soybean hulls on production performance and digestion traits in fattening rabbits. *World Rabbit Sci.* 25, 241–249. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6654>
- Shanti, H., Omar, J., ... I.A.-J. of N., 2017, U., 2017. Effect of substituting hydroponic barley for a commercial feed on performance and blood metabolites of growing Baladi rabbits. *Researchgate.Net*.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., Chaurasia, O.P., 2018. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *J. Soil Water Conserv.* 17, 364. <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
- Simonová, M.P., Chrastinová, L., Lauková, A., 2020. Autochthonous strain enterococcus faecium ef2019(Ccm7420), its bacteriocin and their beneficial effects in broiler rabbits—a review. *Animals* 10, 1–17. <https://doi.org/10.3390/ani10071188>
- Singh, H., Dunn, B., Payton, M., Brandenberger, L., 2019. Fertilizer and cultivar selection of lettuce, Basil, and Swiss chard for hydroponic production. *Horttechnology* 29, 50–56. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04178-18>
- Siurana, A., Calsamiglia, S., 2016. A metaanalysis of feeding strategies to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy cattle milk and the impact on daily human consumption. *Anim. Feed Sci. Technol.* 217, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.013>
- Speight, C., 2017. The nutritional needs of rabbits. *Vet. Nurs. J.* 32, 144–147. <https://doi.org/10.1080/17415349.2017.1284578>
- Taiz, L., Zeiger, E., 2010. Secondary metabolites in plant defense. *Plant Physiol.* 371.
- Tamás, L., Mistrík, I., Huttová, J., Halušková, L., Valentovičová, K., Zelinová, V., 2010. Role of reactive oxygen species-generating enzymes and hydrogen peroxide during cadmium, mercury and osmotic stresses in barley root tip. *Planta* 231, 221–231. <https://doi.org/10.1007/s00425-009-1042-z>
- Tazzoli, M., Trocino, A., Birolo, M., Radaelli, G., Xiccato, G., 2015. Optimizing feed

- efficiency and nitrogen excretion in growing rabbits by increasing dietary energy with high-starch, high-soluble fibre, low-insoluble fibre supply at low protein levels. *Livest. Sci.* 172, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.12.006>
- Tomás-Barberán, F.A., Espín, J.C., 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 81, 853–876. <https://doi.org/10.1002/jsfa.885>
- Van der Hoeven, R.S., Steffens, J.C., 2000. Biosynthesis and elongation of short- and medium-chain-length fatty acids. *Plant Physiol.* 122, 275–282. <https://doi.org/10.1104/pp.122.1.275>
- Vargas-Hernandez, M., Macias-Bobadilla, I., Guevara-Gonzalez, R.G., Romero-Gomez, S. de J., Rico-Garcia, E., Ocampo-Velazquez, R. V., Alvarez-Arquieta, L. de L., Torres-Pacheco, I., 2017. Plant Hormesis Management with Biostimulants of Biotic Origin in Agriculture. *Front. Plant Sci.* 8, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01762>
- Vázquez-Hernández, M.C., Parola-Contreras, I., Montoya-Gómez, L.M., Torres-Pacheco, I., Schwarz, D., Guevara-González, R.G., 2019. Eustressors: Chemical and physical stress factors used to enhance vegetables production. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 250, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.053>
- Vergara-Castañeda, H.A., Guevara-González, R.G., Ramos-Gómez, M., Reynoso-Camacho, R., Guzmán-Maldonado, H., Feregrino-Pérez, A.A., Oomah, B.D., Loarca-Piña, G., 2010. Non-digestible fraction of cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Bayo Madero suppresses colonic aberrant crypt foci in azoxymethane-induced rats. *Food Funct.* 1, 294–300. <https://doi.org/10.1039/c0fo00130a>
- Vijayalakshmi, T., Vijayakumar, A.S., Kiranmai, K., Nareshkumar, A., Sudhakar, C., 2016. Salt Stress Induced Modulations in Growth, Compatible Solutes and Antioxidant Enzymes Response in Two Cultivars of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L. Cultivar TSF1 and Cultivar SM)

Differing in Salt Tolerance. *Am. J. Plant Sci.* 07, 1802–1819.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2016.713168>

Vizzari, F., Massányi, M., Knížatová, N., Corino, C., Rossi, R., Ondruška, L., Tirpák, F., Halo, M., Massányi, P., 2021. Effects of dietary plant polyphenols and seaweed extract mixture on male-rabbit semen: Quality traits and antioxidant markers. *Saudi J. Biol. Sci.* 28, 1017–1025.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.043>

Walter, A., Finger, R., Huber, R., Buchmann, N., 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, 6148–6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>

Wang, H., Shabala, L., Zhou, M., Shabala, S., 2018. Hydrogen peroxide-induced root Ca²⁺ and K⁺ fluxes correlate with salt tolerance in cereals: Towards the cell-based phenotyping. *Int. J. Mol. Sci.* 19. <https://doi.org/10.3390/ijms19030702>

Williams, P., 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutr. Diet.* 64, 5–7.
<https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>

Dirección General de Bibliotecas UAQ

IX. ANEXOS

ANEXO 1 Preparación de las soluciones para la cuantificación de las actividades enzimáticas

Soluciones para el ensayo de la actividad Superóxido dismutasa (SOD) (EC 1.15.1.1)

1. *Búfer de extracción (Fosfato de potasio 0.05 M, pH 7.8).* Se disolvieron 0.7054 g de fosfato de potasio monobásico y 3.46 g de fosfato de potasio dibásico en 150 mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 7.8 (con ácido o base, según sea el caso). Posteriormente, se aforó a un volumen final de 250 mL con agua destilada.
2. *Búfer de reacción (Fosfato de potasio 0.05 M, pH 7.8).* Se disolvieron 0.7054 g de fosfato de potasio monobásico y 3.46 g de fosfato de potasio dibásico en 150 mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 7.8 (con ácido o base, según sea el caso). Posteriormente, se aforó a un volumen final de 250 mL con agua destilada.
3. *Solución de EDTA-Na₂ 0.1 mM.* Se disolvió 3.72 mg en 60 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 100 mL.
4. *Solución de Metionina 0.13 M.* Se disolvió 1.94 g de metionina en 60 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 100 mL.
5. *Solución de NBT 0.75 mM.* Se disolvió 61.3 mg de NBT en 60 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 100 mL (se almacenó en frasco oscuro y 4 °C).
6. *Solución de Riboflavina 0.02 mM.* Se disolvió 1.88 mg de metionina en 150 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 250 mL (se almacenó en frasco oscuro y 4 °C).

Soluciones para el ensayo de la actividad Catalasa (CAT) (EC 1.11.1.6)

1. *Búfer de extracción (Tris-HCl 100 mM, Glicerol 20 % v/v, 2-Mercaptoetanol 30 mM, pH 8.0).* Se disolvió 1.575 g de Tris-HCl en 60 mL de agua destilada. Se añadió 20 mL de glicerol y 210 μ L de 2-Mercaptoetanol. Se ajustó el pH a 8.0 (con ácido o base, según sea el caso). Posteriormente, se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada.
2. *Búfer de reacción (Fosfato de potasio 50 mM, pH 8.0).* Se disolvieron 0.0965 g de fosfato de potasio monobásico y 0.749 g de fosfato de potasio dibásico en 60 mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 8.0 (con ácido o base, según sea el caso). Posteriormente, se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada.
3. *Solución de H₂O₂ 100 mM.* Se añadió 0.566 ml de peróxido (al 50 % de pureza) y se aforó a 100 mL con agua destilada (Esta solución se preparó el mismo día del ensayo).

Soluciones para el ensayo de la actividad Fenilalanina-amonio liasa (PAL) (EC 4.3.1.5)

1. *Búfer de extracción (Borato 0.1 M, 0.1% v/v de 2-Mercaptoetanol, pH 8.8).* Se disolvieron 0.451 g de ácido bórico y 1.029 g de borato de sodio en 60 mL de agua destilada. Posteriormente, se añadió 100 μ L de 2-mercaptoetanol. Se ajustó el pH a 8.8 (con ácido o base, según sea el caso) y se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada.
2. *Búfer de reacción (Borato 0.1 M, L-Fenilalanina 10 mM, pH 8.8).* Se disolvieron 0.451 g de ácido bórico, 1.029 g de borato de sodio y 0.1652 g de L-Fenilalanina en 60 mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 8.8 (con ácido o base, según sea el caso). Posteriormente, se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada.
3. *Solución de ácido clorhídrico (HCl) 1 N.* En un matraz aforado de 100 ml, se colocaron 20 mL de agua destilada. Posteriormente se añadió 8.3 mL de HCl (por las paredes del matraz con precaución) y se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada.

4. *Solución Stock de ácido cinámico [3 mg/mL].* Se disolvió 0.075 g de ácido cinámico en 20 mL de agua destilada. Posteriormente, se aforó a un volumen final de 25 mL con agua destilada.

Soluciones para la determinación de proteína

1. Solución de cloruro de sodio 0.15 M. Se disolvió 0.87g de NaCl en 60 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 100 mL.

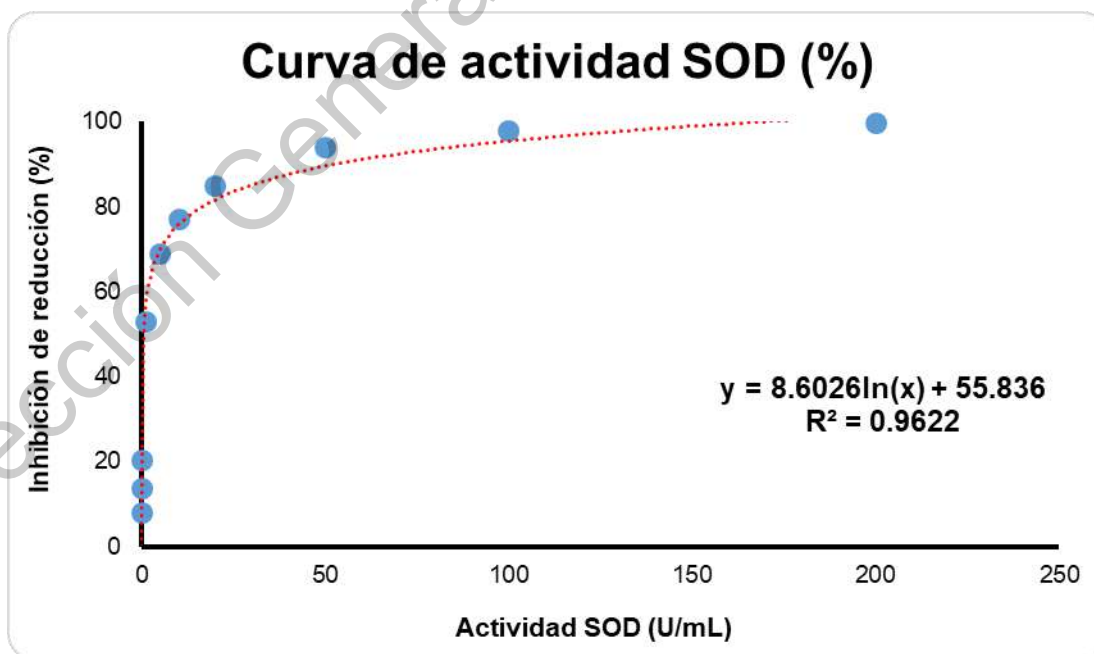
2. Solución Stock de albúmina de suero bovino [1 mg/mL]. Se disolvió 0.01 g de albúmina de suero bovino en 30 mL de agua destilada y se aforó a un volumen final de 50 mL.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ANEXO 2 Curvas patrón usadas en la cuantificación de las actividades enzimáticas

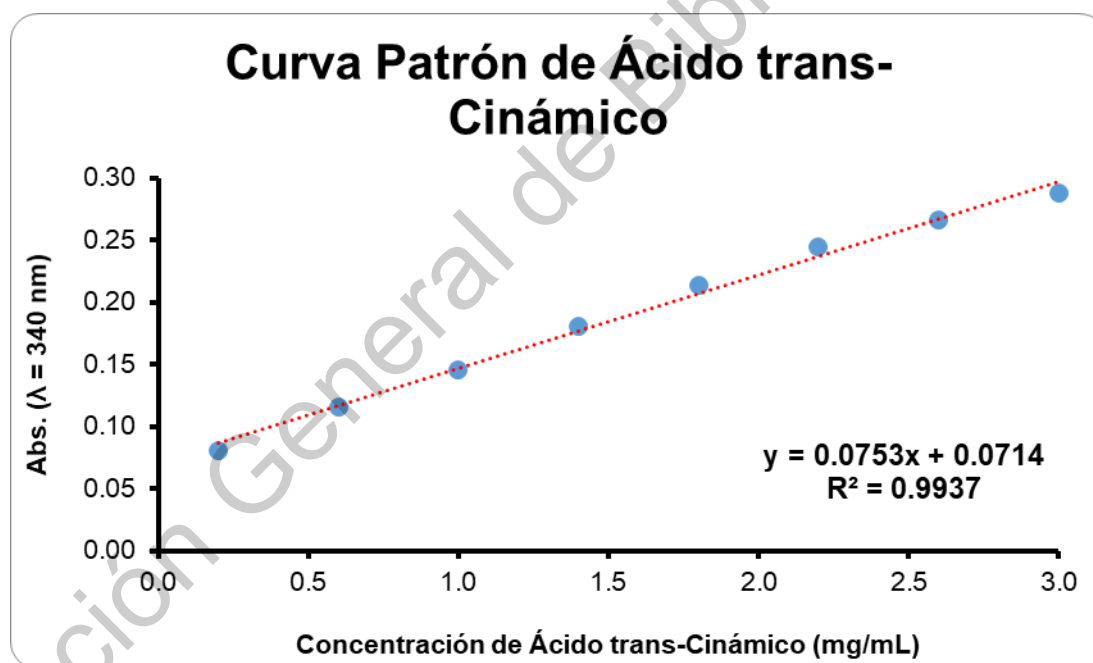
A. Curva patrón de actividad de superóxido dismutasa (SOD)

Actividad de SOD (U/mL)	Inhibición de reducción de NBT (%)
200	99.7
100	98
50	94
20	85
10	77
5	69
1	53
0.1	20.3
0.01	13.7
0.001	8



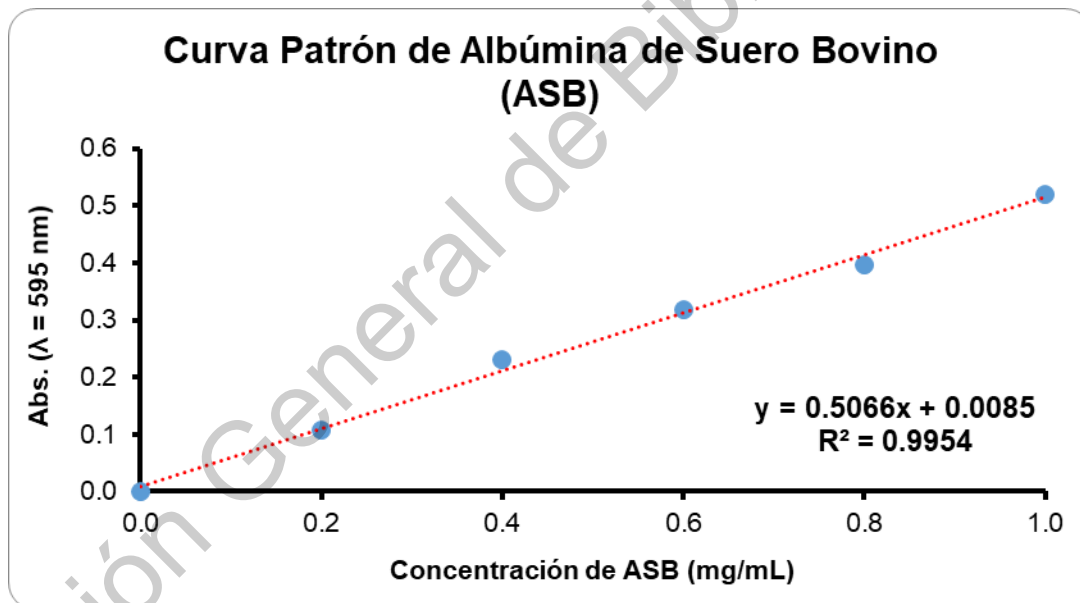
B. Curva patrón de ácido cinámico

Acido Cinámico Concentración (mg/mL)	Absorbancia ($\lambda_{340\text{nm}}$)
0.2	0.081 ± 0.010
0.6	0.116 ± 0.011
1	0.146 ± 0.003
1.4	0.180 ± 0.002
1.8	0.214 ± 0.003
2.2	0.245 ± 0.003
2.6	0.266 ± 0.001
3	0.288 ± 0.003



C. Curva patrón de albúmina de suero bovino

Albúmina de suero bovino Concentración (mg/mL)	Absorbancia ($\lambda_{595\text{nm}}$)
0	0
0.2	0.108 \pm 0.006
0.4	0.231 \pm 0.037
0.6	0.318 \pm 0.020
0.8	0.396 \pm 0.024
1	0.519 \pm 0.048



ANEXO 4 Buenas Prácticas de Laboratorio (BPLs)

El Comité de Expertos sobre Especificaciones para Productos Farmacéuticos de la OMS adoptó en 1999 las guías tituladas Buenas prácticas para laboratorios nacionales de control farmacéutico de la OMS, que fueron publicadas como Anexo 3 de la Serie de Informes Técnicos de la OMS, No. 902, 2002. El cumplimiento de las recomendaciones previstas en estas guías ayudará a promover la armonización internacional de prácticas de laboratorio y facilitará la cooperación entre laboratorios y el reconocimiento mutuo de los resultados.

Para el uso adecuado del laboratorio es necesario considerar las siguientes condiciones de trabajo experimental: es obligatorio el uso de bata en el laboratorio para la realización de análisis genómicos y manejo de reactivos, así como el uso de guantes y gafas de seguridad durante el experimento; los residuos generados se deben disponer de acuerdo a su grado de toxicidad en los recipientes adecuados y posteriormente confinados; anotar en bitácora el uso de los equipos y la fecha en la cual se utilizaron; mantener limpia el área de trabajo (OMS-BPL, 2016).

ANEXO 3 Disposición de residuos

Durante la realización del proyecto se realizaron pruebas químicas para la determinación de metabolitos presentes en extractos de acelga, forraje verde hidropónico de cebada y de la carne de conejo en el laboratorio de biología molecular, en el laboratorio de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería y en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales. Se cuenta con medidas de seguridad y de almacenamiento de desechos químicos peligrosos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

Todos los desechos fueron recuperados en frascos previamente rotulados y adecuados para la recolección de sustancias tóxicas, posteriormente son confinados (RESIDUOS, 2016).

ANEXO 4 Recursos Humanos

Para la elaboración de esta investigación se contará con el apoyo de alumnos de licenciatura de la facultad de Ciencias Naturales y del Lic. Miguel de la misma facultad

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ANEXO 5 Artículos como Primer autor

Cuadro ¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar 0 al texto que desea que aparezca aquí..1

FOOD REVIEWS INTERNATIONAL
<https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1939711>



Functional Food for Rabbits. Current Approaches and Trends to Increase Functionality

E. A. Delis-Hechavarría^a, R. G. Guevara-Gonzalez^a, R.V. Ocampo-Velazquez^a, J. G. Gomez-Soto^b, M. Vargas-Hernandez^a, I. Parola-Contreras^a, and I. Torres-Pacheco^a

^aAutonomus University of Queretaro. Engineering Faculty, Campus Amazcala, Mexico; ^bAutonomus University of Queretaro. Natural Science College, Queretaro, Mexico

ABSTRACT

Functional Food (FF) refers to a food that besides of impact on the animals and human nutrition, also help on the reduction risk of some illness and even on their control. Nutraceutical Food (NF) refers to products derived usually from FF and are presented commonly as drugs to prevent or reduce some illness. These kinds of foods are not widely used animals and specifically in rabbits. The aim of this review was to describe and analyse benefits of FF in rabbits and to propose practices that increase the use of these kinds of foods on the rabbit meat production.

KEYWORDS

Rabbits; functional; nutraceutical; organic; controlled elicitation

INTRODUCTION

Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) belongs to the *Leporidae* family, Order Lagomorph.^[1] This animal is considered one of the best meat producers due to its rapid cycle of life, short gestation, high prolific and its high capacity to convert food on meat.^[2] Besides, its digestive physiology permits them to take advantage of the herbs by means of the cecotrophy, they can take more proteins and vitamins from the food.^[2] In addition, rabbits can convert on meat around the 20% of the forages; thus, the diet of these animals could be based on plants, being a good option to produce meat without competition with the human's food.^[2] Rabbit meat is considered a FF because is low in fat, cholesterol, and sodium; high in proteins and besides help on the avoidance and control of some non-metabolic diseases.^[3]

Commonly, the concepts of Nutraceutical Food (NF) and Functional Food (FF) are confuse and used as similar, mainly on the case of the market.^[4,5] FF refers to a food that could be part of the common diet, can help to avoid or control different types of diseases and also provides some physiological benefits; their main characteristics are to promote the body healthy condition, to diminish the presence of diseases and to heal some illness.^[6] Thus, in others words, the beneficial effect of FF as dietary supplements to the diet allow to improve the state of health.^[7,8] NF in most of the cases, are industrial products developed from FF or other kind of source and are commercialized, mainly, as drugs that are focused on one determinate beneficial effect.^[6] The nutraceutical concept was given by Stephen DeFelice; and it was defined as "a food or part of a food that provide medical or health benefits, including the prevention and/or treatment of a disease".^[5,9]

The importance of FF and NF have been increased lately due to the consumers concern about the form that the food are produced and on the effects of some chemicals on human health, in consequence, consumers prefer organic food instead conventional one.^[10] However, there is no clear evidence that organic food offers better protection to the consumers from chemical contamination than conventional products.^[11] Nowadays, FF are relevant in the global market for humans and animals.^[12] On the case of the animals the market for FF and nutraceutical food is expected to reach

CONTACT I. Torres-Pacheco itineo.torres@uaq.mx Autonomus University of Queretaro. Engineering Faculty, Campus Amazcala, Mexico
© 2021 Taylor & Francis

Cuadro ¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar 0 al texto que desea que aparezca aquí..2

Crop & Pasture Science



Controlled elicitation using hydrogen peroxide as a strategy to increase the nutraceutical potential in hydroponic barley fodder production

Journal:	Crop & Pasture Science
Manuscript ID	CP21082.R1
Manuscript Type:	Research paper
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Delis Hechavarría, Emilio ; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de Ingeniería Guevara González, Ramón; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de Ingeniería Ocampo Velázquez, Rosalía; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de ingeniería Gomez Soto, Jose; Universidad Autonoma de Queretaro Facultad de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales Tovar Perez , Erick ; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de Ingeniería García Trejo , Juan ; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de ingeniería Pacheco, Irineo; Universidad Autonoma de Queretaro, Facultad de ingeniería
Keyword:	Food science, Food chemistry, Forage management

SCHOLARONE™
Manuscripts

<http://www.publish.csiro.au/nid/40.htm>

ANEXO 6 Memorias de congresos

ANEXO 7 Constancia idioma



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE LENGUAS Y LETRAS



A QUIEN CORRESPONDA:

La que suscribe, Directora de la Facultad de Lenguas y Letras, hace **C O N S T A R** que

DELIS HECHAVARRIA EMILIO ANDRES


Presentó el **Examen de Manejo de la Lengua** efectuado el día nueve de enero de dos mil veinte, en el cual obtuvo la siguiente calificación:

8-

Se extiende la presente a petición de la parte interesada, para los fines escolares y legales que le convengan, en el Campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro, el día diecisiete de enero de dos mil veinte.

Atentamente,
"Enlazar Culturas por la Palabra"




LIC. LAURA PÉREZ TÉLLEZ

LPT/evm*CL*FLL-C.-022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
Campus Aeropuerto, Anillo Vial Fray Junipero Serra S/N, Querétaro, Qro.
C.P. 76140, Tel. 01 (442) 192 12 00 Dirección Ext. 61010,
Secretaría Administrativa 61300, Posgrado 61140, Licenciatura 61070,
Centro de Lenguas 61050, Secretaría Académica 61100 y Planeación 61110

SOMOS UAQ
EDUCAR CRECER CONSOLIDAR

Chapter
e-Books Content

Special Characters
Clipboard
Link
Fullscreen
Chapter Navigation

Print
PDF
Download Report
View
Fullscreen

Section
Figure & Tables

Chapter 8

Bioactivity characterization of herbal molecules

The surveillance made in this matter will be reviewed and approved by reader copies.

Lucinda Peña-Camacho, **María Dolores Hernández**, **Alexander Arias**, **Zahid Farooq Contractor**, **Amit Kumar Singh**, **Krisna Kumar Pacheco**, **Jose Francisco Garcia-Tajuel**, **Cecilia María Rodríguez**, **Ramón Quintero Guerrero-Jambrina**

Bioengineering Group, School of Engineering-Campus Apatzingán, Antonino University of Querétaro (México), El Mirador, México

Microsystem Engineering Group, School of Engineering-Campus Apatzingán, Antonino University of Querétaro (México), El Mirador, México

Escuela de Ingeniería Campus Apatzingán, Universidad Autónoma de Querétaro, El Mirador, México

XXX

3.1 Antimicrobial uses of herbal compounds for dental disease

Oral diseases are a public health problem. In 2013, the indirect cost of oral disease in the world was estimated at \$487.61 billion and the direct cost at \$158.89 billion, being oral disease (\$ 58 billion) the third place with the highest indirect and direct cost of prevention and treatment [1].

Dental caries is the frequent microbial oral disease at the moment, the main etiology is founded on four factors: host, oral environment, oral microorganisms, and time [2]. Carbohydrate consumption triggers the acid-resistant and acid-producing microorganism [3]. Microorganisms such as Gram-positive bacteria such as *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus sobrinus*, Gram-negative bacteria *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Chryseobacterium indologenum*, *Haemophilus parvulus*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Solirimonas* spp, and *Porphyromonas gingivalis*, as well as

ANEXO 9 Acta de Clase



FACULTAD DE INGENIERÍA
AMAZCALA



Querétaro, Qro. A 3 de junio de 2021

A QUIEN CORRESPONDA
PRESENTE

Por este conducto informo a usted que el Alumno del Doctorado en Biosistemas Emilio Andrés Delis Hechavarría con N° de expediente 266733, apoyo en la clase de Fisiología Animal de la carrera de Ingeniería Agroindustrial Campus Amazcala durante el semestre enero-junio 2021 (2021-1).

Sin más por el momento reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE



M.C. Arturo Arana Juaristi

Coordinador de la Lic. En Ingeniería Agroindustrial
Campus Amazcala

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
CARRETERA CHICHIMEQUILLAS, S/N KM 1, EL
MARQUÉS TEL. (442) 192-12-00, EXT. 7050 y 4861

ANEXO 10 Participación en ponencias y congresos

Cuadro ¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar 0 al texto que desea que aparezca aquí..3



CONiIN

XV INTERNATIONAL ENGINEERING CONGRESS

THE QUERÉTARO STATE UNIVERSITY THROUGH THE ENGINEERING FACULTY GRANT THE PRESENT ACKNOWLEDGMENT TO:

EMILIO ANDRÉS DELIS HECHAVARRÍA

ORAL PRESENTATION: "USE OF BARLEY HYDROPONIC GREEN FODDER OR CHARD AS A COMPLEMENTS ON THE WEANED FATTING RABBITS"

QUERÉTARO, MEX.
MAY 2019



Dr. Manuel Toledano Ayala
PRINCIPAL
ENGINEERING FACULTY



Dr. Gonzalo Macías Bobadilla
GENERAL COORDINATOR CONiIN
ENGINEERING FACULTY

Dirección General de Bibliotecas UAQ

The Querétaro State University through the Engineering Faculty grant the present acknowledgment to:

Delis Emilio

FOR HIS COLLABORATION:

POSTER SESSION:

The role of Hydroponic green fodder on sustainable livestock production: A review

QUERÉTARO, MEX.
MAY 2018



Dr. Manuel Toledano Ayala
PRINCIPAL
ENGINEERING FACULTY



Dr. Gonzalo Macías Bobadilla
GENERAL COORDINATOR CONIIN
ENGINEERING FACULTY



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

otorgan la presente

CONSTANCIA


A:

Delis-Hechavarría EA; Gómez-Soto JG; Torres-Pacheco I.

Por su participación en el XI FORO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO con "Evaluación de la sustitución del 50% del alimento comercial por acelga y forraje verde hidropónico de cebada en conejos de engorda".

Santiago de Querétaro, Qro. 27 y 28 de abril de 2018
"Educo en la Verdad y el Honor"


M. en G. Hugo Luna Soria
Secretario Académico


Dra. J. Elizabeth Eflon Puente
Directora


Dr. Germinal J. Cantó Alarcón
Jefe de Investigación y Posgrado

