UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE FISIOLOGÍA
INSTITUTO DE NUTRICION Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TESIS DOCTORAL

INFLUENCIA DE DISTINTOS TRATAMIENTOS TECNOLÓGICOS SOBRE LOS FACTORES ANTINUTRITIVOS DE *Cicer Arietinum, L.* Y SU POSIBLE REPERCUSIÓN EN LA UTILIZACIÓN NUTRITIVA DE PROTEÍNA, CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO.

MARIA TERESA NESTARES PLEGUEZUELO

1995

MEMORIA QUE PRESENTA PARA ASPIRAR AL GRADO DE DOCTOR EN FARMACIA Dª MARIA TERESA NESTARES PLEGUEZUELO

ESTA TESIS HA SIDO REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DE:

Prof. Dra. GLORIA URBANO VALERO

Prof. Dra. MAGDALENA LÓPEZ FRÍAS

Prof. Dra. Mª MERCEDES BARRIONUEVO DÍAZ

Lda.
MARIA TERESA NESTARES PLEGUEZUELO

GRANADA, 1995

Dª GLORIA URBANO VALERO, Dª MAGDALENA LÓPEZ FRÍAS Y Dª MARÍA MERCEDES BARRIONUEVO DÍAZ,

Directoras de la Memoria de Tesis Doctoral de título "Influencia de distintos procesos tecnológicos sobre los factores antinutritivos de *Cicer arietinum, L.*, y su posible repercusión en la utilización nutritiva de la proteína, calcio, fósforo y magnesio", realizada por la licenciada Mª Teresa Nestares Pleguezuelo, autorizan su presentación ante el tribunal correspondiente y para que conste, firman la presente a 15 de Marzo de 1995.

Fdo. Gloria Urbano Valero

Fdo. Magdalena López Frías

Fdo. Mª Mercedes Barrionuevo Díaz

A mis padres,

a Ramón.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera, en unas pocas líneas, expresar mis más sincero y profundo agradecimiento:

A mis Directoras de Tesis:

La Dra. Gloria Urbano, por haberme aceptado dentro de su grupo de trabajo para realizar esta Tesis, por el tiempo y esfuerzo dedicados y por sus expertos consejos científicos y personales.

La Dra. Magdalena López Frías, por compartir conmigo este trabajo día a día, por su cariño, esfuerzo y enorme paciencia y quisiera agradecerle una vez más su amistad y apoyo constante tanto a nivel personal como profesional.

La Dra. Mª Mercedes Barrionuevo, por su inestimable colaboración y, sobre todo, por su amistad, amabilidad y sinceridad.

A Miguel Moreno, director del Departamento de Fisiología, por haberme aceptado en él para realizar esta Tesis.

A D. José Mataix Verdú, Director del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, por poner este centro a mi disposición para realizar el presente trabajo, así como por su gran apoyo, amabilidad, optimismo y por sus sabios y sinceros consejos.

A la Dra. Concepción Vidal y a su grupo de investigación del Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC, por su inapreciable colaboración.

A la Dra. María López-Jurado, por seguir ofreciendome su amistad, consejo y apoyo personal y profesional y por estar siempre dispuesta a ayudarme en todo.

A Emilio Martinez de Victoria, Mariano Mañas y Jesus Rodriguez, por ayudarme a resolver con tanta paciencia mis problemas con el ordenador.

A Ignacio Fernández-Fígares de la Estación Experimental del Zaidín, por la realización de los aminogramas.

A Jesús, por su amable y experta colaboración en el apartado correspondiente al ácido fítico.

A Rosi y a Rafael por su ayuda durante las fases experimental y analítica.

A la Comisión Internacional de Ciencia y Tecnología por la concesión del Proyecto de Investigación ALI-88-046-CO2-01 y ALI-91-1092-CO2-01, gracias a los cuales se ha podido realizar el trabajo recogido en esta memoria.

Y, especialmente, a todos mis compañeros del Departamento de Fisiología y del INYTA, que de una forma u otra han colaborado en este trabajo, compartiendo conmigo desinteresadamente técnicas de trabajo, conocimientos de informática, materiales de laboratorio y, sobre todo, algunos cafés y ratos libres que han hecho mucho más agradable mi trabajo.

INDICE

INDICE

1. OBJETO 1

2. REVISION BIBLIOGRAFICA 4

2.1. INTRODUCCION SOBRE EL Cicer Arietinum L. 4

2.2. COMPOSICION CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y UTILIZACION NUTRITIVA DEL GARBANZO (Cicer Arietinum, L.). 5

2.2.1. Proteína 7

2.2.1.1. Composición 7

2.2.1.2. Utilización Nutritiva 12

2.2.2. Hidratos de Carbono 27

2.2.2.1. Composición 27

2.2.2.2. Disponibilidad de Hidratos de Carbono 31

2.2.3. Fibra 31

2.2.3.1. Composición 31

2.2.3.2. Efecto de la Fibra sobre la utilización de nutrientes de la dieta . . . 33

2.2.4. Minerales 34

2.2.4.1. Composición 34

2.2.4.2 Utilización nutritiva de minerales . 37

a) Calcio 38
b) Fósforo 40
c) Magnesio 40

2.2.4.3. Efectos de los componentes de la dieta sobre la utilización nutritiva de minerales 41

a) Efecto de la proteína 42
b) Efecto de las vitaminas 46
c) Efecto del ácido Fítico y Oxálico . . 47
d) Composición mineral de la dieta e interrelación de los minerales en la misma 50
e) Efecto de la fibra 56

2.2.5. Lípidos 57

2.2.6. Vitaminas 58

2.3. FACTORES ANTINUTRICIONALES DEL Cicer arietinum, L.

2.3.1. Generalidades 59

2.3.2. Principales Factores Antinutricionales presentes en las leguminosas 62

2.3.2.1. Inhibidores de Proteasas 62

2.3.2.2. Inhibidores de alfa-amilasa 68

2.3.2.3. Taninos 69

2.3.2.4. Alfa-Galactósidos 79

2.3.2.5. Acido Fítico 81

2.3.2.6. Lectinas 82

2.3.2.7. Proteínas antigénicas y/o alergénicas 84

2.3.2.8. Glicósidos 84

2.3.2.9. Micotoxinas 85

2.3.2.10. Saponinas 85

2.4. PROCESOS TECNOLOGICOS. INFLUENCIA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LAS LEGUMINOSAS 86

2.4.1. Introducción 86

2.4.2. Principales Técnicas 89

2.4.2.1. Tratamientos Químicos 89

2.4.2.2. Tratamientos Físicos 89

2.4.3. Efecto sobre el valor nutricional 93

2.4.3.1. Efecto sobre la proteína 95

2.4.3.2. Efecto sobre los hidratos de carbono disponibles 98

2.4.3.3. Efecto sobre las Vitaminas 102

2.4.3.4. Efecto sobre la Fibra 104

2.4.3.5. Efecto sobre los Minerales 104

2.4.4. Efecto sobre los Factores Antinutricionales 106

2.4.4.1. Efecto sobre Inhibidores de Proteasas 106

2.4.4.2. Efecto sobre Inhibidores de alfa-amilasa 109

2.4.4.3. Efecto sobre Taninos 109

2.4.4.4. Efecto sobre alfa-Galactósidos . . . 110

2.4.4.5. Efecto sobre el ácido Fítico 115

2.4.4.6. Efecto sobre Lectinas 116

3. MATERIAL Y METODO 118

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL 118

3.2. DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS 120

3.3. DIETAS UTILIZADAS 121

3.4. TECNICAS ANALITICAS 123

3.4.1. Humedad 124

3.4.2. Proteína 124

Determinación de Nitrógeno 124
Contenido en aminoácidos 124

3.4.3. Minerales 124

Minerales totales 124
Calcio y Magnesio 125
Fósforo Inorgánico 125
Acido Fítico (IHP) 125

3.5. EVALUACION QUIMICA 126

3.6. INDICES UTILIZADOS 126

3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO 128

4. RESULTADOS 129

4.1. SOBRE LA COMPOSICION ANALITICA DE LAS DIETAS . . 129

4.1.1. Nitrógeno 129

4.1.2. Aminoácidos 129

4.1.3. Minerales 133

a) Calcio 134
b) Fósforo 134
c) Magnesio 135

4.2. SOBRE LA VALORACION QUIMICA DE LA PROTEINAS . . 137

4.2.1. Contenido en aminoácidos de las dietas . . 135

4.2.2. Cómputo Químico 136

4.3. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DE LAS DIETAS . . 139

4.3.1. Utilización Nutritiva de la Proteína . . . 139

4.3.1.1. Ingesta y cambios ponderales 139

4.3.1.2. Utilización digestiva de la proteína 140

4.3.1.3. Utilización metabólica de la proteína 142

4.3.2. Utilización Nutritiva del calcio 142

4.3.2.1. Ingesta de calcio 142

4.3.2.2. Utilización digestiva del calcio . . 143

4.3.2.3. Utlización metabólica del calcio . . 143

4.3.2.3.1. Balance de calcio 143

4.3.2.3.2. Contenido de calcio en fémur . 144

4.3.2.3.3. Contenido de calcio en músculo *longissimus dorsi* 145

4.3.3. Utilización Nutritiva del fósforo 146

4.3.3.1. Ingesta de fósforo 146

4.3.3.2. Utilización digestiva del fósforo . 146

4.3.3.3. Utlización metabólica del fósforo . 148

4.3.3.3.1. Balance de fósforo 148

4.3.3.3.2. Contenido en fósforo del fémur 149

4.3.3.3.2. Contenido de fósforo en músculo *longissimus dorsi* 149

4.3.4. Utilización Nutritiva del magnesio 150

4.3.4.1. Ingesta de magnesio 150

4.3.4.2. Utilización digestiva del magnesio . 150

4.3.4.3. Utlización metabólica del magnesio . 151

4.3.4.3.1. Balance de magnesio 151

4.3.4.3.2. Contenido en magnesio del fémur 151

4.3.4.3.2. Contenido de magnesio en músculo *longissimus dorsi* 152

5. DISCUSION

5.1. SOBRE LA VALORACION QUIMICA DE LA PROTEINA, CALCIO, FOSFORO Y MAGNESIO DE LAS DIETAS ESTUDIADAS 152

5.2. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DE LA PROTEINA, CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO DE LAS DIETAS ESTUDIADAS 164

6. CONCLUSIONES 206

7. BIBLIOGRAFIA 211

OBJETO

1. OBJETO

Como es bien conocido, las legumbres tienen una gran importancia agrícola y nutricional. Desde el punto de vista agrícola, el cultivo de leguminosas mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo. Tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico por lo que se reduce el consumo de fertilizantes químicos, con el consiguiente efecto positivo desde el punto de vista ecológico.

El interés nutricional de las leguminosas se basa en su alto contenido en proteína, carbohidratos y fibra alimentaría, así como en su composición en minerales y vitaminas. Pero junto a todos estos factores positivos, las leguminosas también presentan determinados inconvenientes entre los que cabe destacar la presencia de determinados factores antinutritivos.

Con esta denominación se agrupan una serie de principios tales como: alfa-galactósidos, ácido fítico, inhibores de tripsina, taninos, etc., que provocan alteraciones de la función digestiva (flatulencia, inhibición de la actuación de enzimas relacionados con la digestión de la proteína y una alta afinidad por ciertos nutrientes, especialmente proteínas) y una fuerte capacidad para quelar minerales como el calcio, magnesio, zinc e hierro y a la propia proteína de la semilla, provocando una baja utilización nutritiva.

Analizando las cifras de producción mundial de leguminosas, según datos publicados

por la FAO desde 1976, se observa que existe una gran reducción de la superficie de cultivo y por tanto un gran descenso de la producción mundial.

En dichos estudios se comprueba que, guisantes, garbanzos, lentejas, habas y alubias, son las leguminosas habitualmente utilizadas en la alimentación humana en el mundo.

En cuanto a la situación del consumo de leguminosas en España, los trabajos publicados por VARELA en 1985, muestran que lentejas, garbanzos y alubias son las tres leguminosas más consumidas por la población, y que cada español ingiere por término medio 8 a 10 Kg al año, lo que significa, también como promedio, que tres veces a la semana son consumidas, aunque existen grandes variaciones dependiendo de la edad, el hábitat y la cultura gastronómica.

A partir del Estudio Nacional de Nutrición y Alimentación 1990/91, publicado en 1995 por el Instituto Nacional de Estadística (VARELA y col., 1995), se observa que el consumo de leguminosas ha descendido en España, situándose en 6,5 Kg/persona/año. También se comprueba que los garbanzos son la legumbre mejor aceptada, seguida de lentejas y por último alubias.

El objeto de esta Tesis Doctoral es, por una parte, valorar la calidad nutritiva de *Cicer arietinum L., var. kabuli* habitualmente cultivado y consumido en nuestra región, ya que, como es sabido, las condiciones edafoclimáticas pueden influir sobre la utilización digestiva y metabólica de los nutrientes de dicha leguminosa.

Por otra parte, hemos pretendido eliminar total o parcialmente los factores antinutritivos presentes en el garbanzo, mediante diversos procesos culinarios y tecnológicos, tratando de ocasionar el mínimo deterioro de sus nutrientes.

Con objeto de destruir las sustancias antinutritivas termolábiles y termoestables con posibilidad de desnaturalizarse a distinto pH, hemos seleccionado los procesos: calor seco a presión, remojo en agua y en dos medios acuosos con un pH de 2,64 y 8,40 y combinación de estos remojos y posterior cocción.

Hemos estudiado la calidad nutritiva de *Cicer arietinum* crudo y sometido a los diferentes procesos, haciendo una valoración química de su composición proteica y mineral, seguida de una valoración biológica, en ratas en crecimiento, que nos ha permitido conocer el aprovechamiento digestivo y metabólico de la proteína, calcio, fósforo y magnesio.

Por último, somos conscientes de que al haber utilizado los garbanzos como única fuente de dieta, sometidos o no a tratamientos, podemos no haber cubierto los requerimientos de algún nutriente, sin embargo, estimamos que como estudio inicial es la metodología correcta para valorar un aprovechamiento nutritivo total. Por otra parte, los períodos experimentales tienen una duración de 10 días y los posibles efectos causados por una ingesta baja de algún nutriente es poco probable que se manifiesten en un período de tiempo tan corto.

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. INTRODUCCION

Garbanzo (Chickpea) es el nombre vulgar de la especie botánica *Cicer arietinum L.*, que pertenece a la familia *Fabaceae*. Los garbanzos españoles dedicados a la alimentación humana proceden de la variedad *macrocarpum*.

El Cicer arietinum L. es una planta anual de tallos cuadrangulares, hojas imparipinnadas con 6 a 8 pares de foliolos ovales y dentados, flores blancas o azuladas con péndulos cortos y fruto en legumbre ovoide, terminada en pico, que contiene dos granos rugosos cuya forma recuerda la cabeza de un carnero, a lo que alude el nombre arietino.

Basándose en el color de la semilla y la distribución geográfica, hay dos tipos básicos de garbanzos: *desi* (color oscuro, pequeño y superficie rugosa) y *kabuli* (color claro).El garbanzo tipo *desi* se cultiva en la India, y normalmente se consume descascarillado, mientras que el tipo *kabuli*, se cultiva y consume en las regiones mediterráneas y medio Este, donde se cocina la semilla entera.

Los garbanzos tienen una importante contribución a la nutrición humana, siendo la quinta leguminosa más importante en el mundo en base a su producción total.

Aunque la mayoría de la producción y consumo mundiales de garbanzos es en la India (superior al 70%), este cultivo es

importante en otros países de Asia, Europa y América.

Son una fuente barata de proteína en la dieta y son ampliamente usados en programas de alimentación para niños en todo el mundo. La utilización de esta legumbre está por debajo de su potencial, debido en parte a la presencia de los factores antinutricionales y a la baja digestibilidad de su proteína.

Los garbanzos son una promesa para la preparación de productos alimenticios fermentados, algunas salsas, productos de panadería y alimentos usados en la alimentación infantil (CHAVAN y col., 1989).

2.2. COMPOSICION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL Cicer arietinum L. UTILIZACION NUTRITIVA.

Por lo que se refiere a su composición, y desde el punto de vista nutricional, las leguminosas son un alimento muy interesante por ser una fuente tanto de macronutrientes como de micronutrientes, pero dicha composición varia considerablemente entre las distintas especies, e incluso dentro de una misma especie se encuentran diferencias notables entre las variedades, dependiendo fundamentalmente de las condiciones climáticas y el tipo de suelo (SINGH, 1985).

La semilla madura tiene tres componentes fundamentales: cubierta, cotiledón y embrión, que, en el garbanzo, constituyen

un 15, 84 y 1% respectivamente.

Los distintos componentes no están distribuidos uniformemente por toda la semilla; el cotiledón posee el mayor valor alimenticio y la piel muy escaso, con excepción del Calcio, que se sitúa preferentemente en la envuelta exterior.

Las leguminosas se encuentran dentro del grupo de los alimentos plásticos, al igual que los huevos, la carne y el pescado. Constituyen un alimento concentrado por su alto contenido en materia seca. La importancia como alimento se pone de manifiesto al comparar su composición con la de otros que son fundamentales. La presencia de los tres principios inmediatos mayoritarios (Hidratos de Carbono, Proteínas y Lípidos), y en las cantidades en que se encuentran, justifica su importancia nutricional.

Hay que tener en cuenta que el establecer los requerimientos para un nutriente en particular es complicado por las numerosas interrelaciones con otros nutrientes de la dieta; en muchos casos, la deficiencia o exceso de un nutriente influencia el requerimiento de otros, así mismo, la combinación o reacción química entre nutrientes lleva a cambios en su disponibilidad biológica y también, la excesiva ingesta de un nutriente puede interferir con el metabolismo de otro. Las interrelaciones multinutrientes se encuentran comúnmente en el grupo de las leguminosas, por lo que haremos referencia a las más interesantes para nuestro estudio a lo largo de esta revisión.

CHAVAN y col. (1989) tras realizar una revisión bibliográfica sobre el garbanzo, recogen una tabla con la composición química del mismo (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química del garbanzo (g/100g) (CHAVAN y col., 1989):

COMPONENTE (%)	Valores encontrados	media
Proteína (N x 6,25)	12,4 - 30,6	21,5
Hidratos Carbono Tot.	50,6 - 70,9	60,7
Cenizas	2,04 - 4,67	3,4
Lípidos	3,1 - 7,42	5,3
Fibra	1,2 - 13,5	8,0

2.2.1. PROTEINA

2.2.1.1. Composición

El contenido en proteínas de las leguminosas varía según la especie, y en cada especie se observan también grandes diferencias entre las variedades o tipos comerciales.

En el garbanzo el contenido proteico de la semilla cruda es del 12,6 al 30,5% , con un valor medio del 21,5% (CHAVAN y col., 1989); es alto y, por tanto, no debe preocupar su cantidad global pero si debe considerarse su calidad. Existen una serie de factores que pueden causar la variedad en el contenido y la

calidad de la proteína de la semilla del garbanzo; así, tanto la localización como las prácticas agronómicas (tipo de semilla, riego, fertilizantes, etc) tienen gran importancia en la calidad proteica (SINGH y col., 1983).

Las proteínas de almacén de la semilla del garbanzo son: albúmina (soluble en agua), globulina (soluble en solución salina), prolamina (soluble en alcohol), glutelina (soluble en ácido y base) y proteínas residuales. La globulina es la mayoritaria (56,0%), seguida de la glutelina (18,1%) y la albúmina (12%) y una menor proporción de prolamina. La globulina es la más deficiente en metionina y cisteina, siendo la responsable del peor valor nutritivo de la proteína del garbanzo, por ser su fracción mayoritaria (CHAVAN y col., 1989). La glutelina es rica en aminoácidos azufrados, al igual que la albúmina, la cual tiene la mayor cantidad de estos aminoácidos (metionina y cisteína), así como lisina, aspártico, glicina y alanina. La prolamina tiene como mayoritarios los ácidos aspártico y glutámico (SINGH y JAMBUNATHAN, 1982)

CHAVAN y col. (1989), también recogen, en su revisión bibliográfica, los valores medios de aminoácidos esenciales del garbanzo, así como el valor del Cómputo Químico de los mismos (Tabla 2). Estos valores de aminoácidos son muy parecidos a los encontrados por COMBE y col. (1991) en el garbanzo.

El garbanzo tiene una cantidad considerable de nitrógeno no proteico (11,2 %), que se correlaciona positivamente (r = 0,802)

y de forma significativa con el nitrógeno total de la semilla; es decir, si aumenta este nitrógeno total se incrementa también el no proteico (SINGH y JAMBUNATHAN, 1981). Así, es evidente que no todo el nitrógeno del garbanzo está en forma de proteína. Una variación grande en la cantidad de nitrógeno no proteico podría afectar la determinación de la proteína de la muestra y afectar, consecuentemente, la ingesta proteica estimada en la dieta (SINGH, 1985).

Sin embargo, SINGH y JAMBUNATHAN (1981a), tras estudiar detalladamente la naturaleza de la proteína del garbanzo, señalan que también hay que tener en cuenta que este nitrógeno no proteico probablemente consista en aminoácidos y péptidos que pueden ser utilizados. Estos autores obtienen los siguientes valores para la proteína del garbanzo:

COMPONENTE	VALORES	MEDIA	CORRELAC. (*)
N total (**)	2,43 - 4,85	3,58	
NPN (**)	0,16 - 0,73	0,36	0,802
NPN (***)	5,84 - 16,48	9,84	0,468

(*) Coeficiente de Correlación del % de Nitrógeno Total

(**) como % del garbanzo

(***) como % del Nitrógeno Total

Tabla 2. Composición en aminoácidos esenciales de las proteínas del garbanzo (g/16 g N) (CHAVAN y col., 1989).

AMINOACIDO	valor medio	proteína standar FAO	Cómputo Químico medio
Isoleucina	4,3	4,0	108
Leucina	7,8	7,0	111
Lisina	6,9	5,5	126
Metionina + Cisteina	2,9	3,5	83
Fenilalanina + Tirosina	8,4	6,0	140
Treonina	3,7	4,0	93
Valina	4,6	5,0	92
Triptófano	0,95	1,0	95

Al comparar la variedad clara (*kabuli*) y oscura (*desi*) de los garbanzos, no se han encontrado diferencias significativas entre ellos en cuanto al contenido proteico y el aminograma (SINGH y JAMBUNATHAN, 1981b; ROSSI y col, 1984). Sin embargo, ROSSI y col si encontraron una mayor digestibilidad *in vitro* ($p<0,01$) para los *desi*, mientras que SINGH y JAMBUNATHAN vieron que era mayor en los *kabuli*.

SINGH y JAMBUNATHAN (1982) realizaron un estudio sobre la fracción proteica de la semilla completa del garbanzo, así como

siguiente composición en aminoácidos (Tabla 3).

Tabla 3. Composición en aminoácidos de la semilla completa del garbanzo (g/16 g N) (SINGH y JAMBUNATHAN, 1982).

AMINOACIDO	VALOR
Lisina	6,2
Histidina	2,7
Arginina	10,9
Acido Aspártico	12,2
Treonina	4,0
Serina	5,5
Acido Glutámico	16,3
Prolina	4,0
Glicina	4,1
Alanina	4,0
Cisteina	1,3
Valina	5,0
Metionina	1,1
Isoleucina	4,5
Leucina	7,6
Tirosina	2,8
Fenilalanina	5,5
Aminoácidos Totales	97,7

2.2.1.2. Utilización Nutritiva

El primer factor que condiciona la calidad nutritiva de una proteína es su propia composición en aminoácidos. La riqueza de los aminoácidos esenciales, la variedad y buena distribución porcentual de los mismos, el elevado valor de graduación química (Cómputo Químico) del aminoácido limitante y la disponibilidad y no inactivación de todos los aminoácidos, esenciales y no esenciales, son los factores que definen una proteína de alta calidad biológica.

OSBORNE y MENDEL (1914), establecen el concepto de balance de aminoácidos. Al observar la variedad de las proteínas en su composición en aminoácidos y en su adecuación nutritiva, concluyeron que el valor nutritivo de las proteínas, depende de las proporciones de aminoácidos esenciales que contienen, es decir, del balance de los mismos.

HARPER y KUMPTA (1964), descubrieron que para que la eficacia para la utilización proteica sea máxima, además de una adecuada cantidad de aminoácidos esenciales y de una digestibilidad correcta, es necesario que los aminoácidos esenciales guarden una cierta relación con los no esenciales.

En relación con lo anterior, STUCKI y HARPER (1962), pusieron de manifiesto que las ratas son menos sensibles que los pollos a las variaciones del cociente E/NE (aminoácidos esenciales/aminoácidos no esenciales), ya que el crecimiento de

ratas al destete alimentadas con dietas en las que se variaba la relación E/NE, fue satisfactorio para razones de E/NE de 4 a 1 y los pollos solo crecieron bien cuando este cociente fue aproximadamente igual a 2.

El término "desequilibrio de aminoácidos" o "imbalance", se usa para describir dietas cuya proteína contiene un exceso de uno o más aminoácidos. La aceptada relación entre el cómputo químico de una proteína y su valor nutricional puede ser afectado por un imbalance de aminoácidos (MUNRO y col., 1987). Son numerosos los trabajos que se han llevado a cabo con dietas desequilibradas en este sentido.

Las interrelaciones específicas observadas entre la razón de aminoácidos y la ingesta de proteína y energía, implica fuertemente a los aminoácidos en la regulación de la ingesta de alimento. El significado de esta asociación reside en el hecho de que los niveles de aminoácidos plasmáticos ejercen una influencia en la entrada de aminoácidos al cerebro y sobre el metabolismo de neurotransmisores en el mismo. La síntesis de Serotonina y Catecolaminas está influenciada por la disponibilidad de sus precursores aminoacídicos, Triptófano y Tirosina respectivamente, y los niveles de aminoácidos plasmáticos son, a su vez, los determinantes de la disponibilidad de estos precursores en el cerebro (LI y ANDERSON, 1983).

Dietas con excesivo contenido proteico ó imbalanceadas o bien con exceso o deficiencia de uno ó más aminoácidos,

particularmente esenciales, causan una marcada reducción en la ingesta de alimento. Sin embargo, la alteración de la ingesta puede ser debida más a una disminución de la disponibilidad de los aminoácidos limitantes del crecimiento, que a un exceso de aminoácidos en la sangre que riega el cerebro (LEUNG y ROGERS, 1969).

Así, la composición en aminoácidos de la proteína alimentaria es de suma importancia a la hora de determinar su valor nutritivo. Existen, sin embargo, otras características también importantes, sobre todo en las proteínas que durante su manipulación han sufrido un daño térmico. En estos casos, el análisis de aminoácidos expresa solamente la capacidad nutritiva potencial, haciéndose por ello necesario el estudio de la calidad biológica de la proteína.

No obstante, hasta disponer de más información en este campo, parece que el Cómputo Químico y el Indice de aminoácidos esenciales (IAAE) pueden servir como herramientas útiles para evaluar proteínas en las dietas, dado que se ha demostrado una estrecha correlación entre el IAAE y el valor biológico de distintas proteínas.

a) Requerimientos

La eficacia de la proteína para ajustarse a unos requerimientos fisiológicos dados, es principalmente función de la disponibilidad y balance de sus aminoácidos en relación a la

la disponibilidad y balance de sus aminoácidos en relación a la renovación y síntesis de proteínas tisulares. Sin embargo, la eficacia biológica para la utilización de la proteína de la dieta depende no solo del balance de sus aminoácidos disponibles, sino también de otros muchos factores como las posibles incidencias de los demás componentes de la dieta y los requerimientos nutricionales del animal.

En 1964, RAMA RAO y col., comprueban que existe una correlación altamente significativa entre el valor biológico de las proteínas y el índice de requerimientos de aminoácidos esenciales de las ratas en crecimiento; esto les conduce a considerar dicho índice de requerimientos como una buena medida de la calidad nutritiva de la proteína.

Queda claro, por tanto, que para conocer el valor nutritivo de una proteína a través de su contenido en aminoácidos, es necesario establecer con la mayor exactitud posible, los requerimientos aminoacídicos del animal. En este sentido, al ser la rata el animal usado para nuestros experimentos, citaremos tales requerimientos (Tabla 4).

Tabla 4. Requerimientos en aminoácidos para ratas en crecimiento.

AMINOACIDO	Dieta Patrón (*)	NCR (**)
* Arginina	3,21	0,60
Aspártico	6,35	0,40
* Cisteina+Metionina	8,53	0,60
Glutámico	19,36	4,00
Histidina	3,44	0,30
* Isoleucina	4,56	0,55
* Leucina	8,67	0,75
* Lisina	7,17	0.70
* Fenilalan.+ Tirosina	9,56	0.80
Prolina	6,35	0.40
* Treonina	5,42	0.50
* Triptófano	2,17	0.15
* Valina	5,69	0,60
Serina	5,05	
Glicina	1,80	
Alanina	2,69	

* Aminoácidos esenciales

(*) Dieta Patrón de Caseina + 5% DL-metionina. Valor de los aminoácidos expresados como % de la proteina de la dieta (NESTARES y col., 1993).

(**) Recomendaciones de la NCR (National Research Council) (1978). Valor de los aminoácidos expresado como % de la dieta.

En el campo de los requerimientos de proteínas, destacan los avances realizados por BLOCK y MITCHELL en 1946, los cuales desarrollaron el concepto de "Chemical Score" para expresar la relación entre calidad proteica y contenido en aminoácidos esenciales. Mas tarde, OSER (1951), calculó el índice de aminoácidos de una proteína, sumando las diferencias existentes entre la concentración de todos los aminoácidos esenciales de dicha proteína y la concentración de los mismos en la proteína de huevo, tomada como estándar. Posteriormente, MITCHELL, reformó el método de OSER, omitiendo la Arginina como aminoácido esencial e incluyendo la Tirosina con Fenilalanina y Cisteina con Metionina; conservó la proteína de huevo como estándar.

Hay que tener en cuenta que los requerimientos de proteína también pueden verse alterados por los cambios en la ingesta energética, de forma que si la ingesta calórica supera a la necesaria para el mantenimiento, descienden los requerimientos de proteína (EDWARS y col., 1985). El balance nitrogenado está también influenciado por el aporte energético (JAHOOR y WOLFE, 1987). A su vez, un aumento en el aporte proteico de la dieta del 10, 25, 40 y 70%, origina un incremento de los requerimientos energéticos de mantenimiento (EMR) en ratas en crecimiento, aunque, a Tª ambiente inferior a 30ºC, el cambio de proteína por hidratos de carbono en la dieta, tiene poco efecto sobre los EMR. Esto último fue concluido por KOFFMAN (1986) estudiando la influencia de las proteínas en sustitución de los hidratos de carbono sobre dichos EMR; los cambios coinciden en parte con los

valores esperados calculados a partir del rendimiento de la síntesis de ATP en la catabolización oxidativa de proteína e hidratos de carbono.

NIETO (1994) concluye tras sus experimentos realizados con pollos, que los cambios en el Valor Biológico de la proteína producidos por la incorporación de uno u otro aminoácido, dan lugar a variaciones en la retención total de energía, que atañen a la porción de energía retenida como proteína en el organismo animal, sin afectar a la formación de depósito graso. Así, como consecuencia, la eficiencia neta de utilización de la energía metabolizable se reduce al elevarse la calidad biológica de la proteína de la dieta. También afirma esta autora que las necesidades energéticas de mantenimiento disminuyen conforme se eleva el Valor Biológico de la proteína que se consume.

En régimen de producción animal, la proteína de cualquier dieta se usa fundamentalmente con fines de mantenimiento y crecimiento. En estas circunstancias, el uso de aminoácidos con uno u otro fin dependerá, no solo de la cantidad y calidad de la proteína de la dieta, sino de la relación proteína-energía útil, en la que lípidos e hidratos de carbono juegan un papel importante.

b) Valor nutritivo de la proteína del garbanzo

El garbanzo, como podemos ver en la tabla 2, cubre los requerimientos en aminoácidos esenciales para el humano adulto,

salvo en metionina y cisteina. El contenido en Triptófano parece ser satisfactorio, aunque varía mucho entre los distintos genotipos de garbanzos (KHAN y col., 1979). El cómputo químico para la Treonina y Valina indican que están por debajo de los niveles satisfactorios (SINGH y col., 1981). Así, los aminoácidos azufrados, metionina y cisteina, son los primeros limitantes, seguidos de valina, treonina y triptófano.

Basándose en la composición en aminoácidos, el garbanzo debía tener mayor valor nutritivo que otras leguminosas, pero, como ya hemos visto, la evaluación biológica de la proteína es importante porque los análisis químicos no siempre revelan mucho acerca de la biodisponibilidad de la proteína, ya que la Utilización Neta Protéica de las proteínas vegetales no siempre se correlaciona bien con el Cómputo químico y, además, la eficacia biológica para la utilización de la proteína de la dieta depende no solo del balance de sus aminoácidos disponibles, sino también de otros muchos factores como las posibles incidencias de los demás componentes de la dieta y los requerimientos nutricionales del animal, ya mencionados. Así, RAO y RAO (1978), afirman que alguno de los componentes no proteicos de la dieta, como los hidratos de carbono, puedan influenciar la utilización proteica. Estos autores, estudiaron el efecto de los hidratos de carbono de leguminosas y cereales sobre la utilización de la Caseína en ratas, y observaron que tanto el peso ganado por las ratas como el Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC) eran significativamente menores ($p<0,001$) cuando el almidón de la dieta procedía de las leguminosas, comparado con los cereales.

La Utilización Neta Proteica (UNP) también era peor en el caso de las leguminosas, lo que se explica por el aumento en la excreción fecal de nitrógeno; así, la baja digestibilidad que se obtenía para la caseína (del orden del 0,89 ± 0,023) iba acompañada de un bajo Valor Biológico (VB), lo que indica que también estaba dañada la utilización de aminoácidos. Es muy interesante el hecho de que en estos experimentos se obtuviera una mejora de la ingesta, peso ganado y UNP al cocinar la leguminosa, así como que entre todas las leguminosas ensayadas, el garbanzo tuviera el mejor almidón, siendo comparable al de los cereales.

GEERVANI y THEOPHILUS (1981) estudiaron los efectos de los hidratos de carbono de leguminosas sobre la utilización proteica en ratas y observaron, al contrario que los autores anteriores, un menor crecimiento en los animales que consumían garbanzos, comparados con otras leguminosas, así como que la disponibilidad de la lisina y metionina para las ratas alimentadas con una dieta de caseína que contenía almidón de garbanzo, era menor; obteniéndose para la caseína unos valores de Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC), Digestibilidad Verdadera DV), Valor Biológico (VB) y Utilización Neta Proteica (UNP) de 2,2, 80, 86 y 69, respectivamente.

Así, se recomiendan los métodos de valoración biológicos basados tanto en el crecimiento (CEC) como en el balance nitrogenado (Valor Biológico, Utilización Neta Proteica y Digestibilidad Verdadera).

La baja disponibilidad de la proteína de las leguminosas se ha achacado bien a la presencia de Inhibidores de Proteasas termoresistentes ó bien a la tendencia de las proteínas a formar complejos insolubles con otros componentes no disponibles de las semillas.

BENDER y MOHAMMADIHA (1981), proponen que la baja Digestibilidad obtenida con una dieta base que contiene leguminosas cocinadas como única fuente proteica (10% proteína) no se debe a un fallo en la absorción del nitrógeno de la dieta sino a un aumento de la pérdida de Nitrógeno Endógeno que se produce por el aumento en el turnover de las células de la mucosa intestinal. En este trabajo se comparan los datos de Digestibilidad Verdadera obtenidos en ratas en crecimiento, de 30 días, para leguminosas cocidas (Phaseolus vulgaris) frente a la Caseína, obteniéndose unos valores de 74,2 ± 1,3% y 97,0 ± 0,8%, respectivamente. Según estos autores, el Nitrógeno Fecal proviene de: 1) proteína de la dieta no absorbida, 2) residuos de jugos digestivos, 3) descamación del tracto intestinal y 4) bacterias. Tanto la descamación intestinal como la actividad bacteriana pueden ser estimados mediante el DNA fecal, de forma que, mediante cálculos aproximativos, concluyen que, en el caso de las alubias, solo una pequeña fracción del N fecal proviene de bacterias, por lo que una de las fuentes de incremento de este nitrógeno puede ser debido a un aumento masivo del turnover de las células de la mucosa intestinal.

SANOJA y BENDER (1983), alimentan durante 10 días a ratas

en crecimiento con una dieta que contiene como fuente proteica la semilla completa de alubia (Phaseolus vulgaris) cocinada, y otra dieta control con caseína, de forma que administraban 200 g proteína/Kg dieta. Los datos que obtienen para el Nitrógeno fecal son de 7,18 ± 0,21 y 4,01 ± 0,17 mg/g dieta para las alubias y la caseína, respectivamente. Sugieren, de acuerdo con los autores anteriores, que el incremento del Nitrógeno fecal con las alubias, no proviene de las bacterias intestinales ni de la dieta, sino del incremento del turnover celular, lo que pone en duda la validez de los resultados obtenidos sobre la Digestibilidad Verdadera de la proteina de leguminosas.

FAIRWEATHER-TAIT y col. (1983) proponen una explicación alternativa a la ligeramente baja digestibilidad de las proteínas de leguminosas, consistente en que la excreción de Nitrógeno Endógeno esté "per se" aumentada por el consumo de las mismas. Así, aunque la proteína de la dieta pueda ser de hecho completamente digerida y absorbida, esto podría ser parcialmente compensado por el aumento en la producción y excreción fecal de material nitrogenado del tracto digestivo. Estos autores comprobaron este aumento en la excreción fecal de nitrógeno en ratas Wistar adultas al pasar de 0,42 ± 0,11 g/10 días a 1,24 ±0,20 g/10 días cuando se alimentaban con dieta semisintética de Caseína o de Alubias (Phaseolus vulgaris) cocinadas (remojo en agua durante 24 horas seguido de cocción a 15 psi durante 15 minutos), respectivamente. Sin embargo, no se observó ningún cambio en el balance nitrogenado de las ratas que consumían alubias, a pesar de que la excreción fecal de nitrógeno estaba

aumentada 2 o 3 veces con respecto a las ratas control, ya que esto se compensaba con una disminución en la excreción de Nitrógeno Urinario. El peso seco de las heces pasaba de 13,6 ± 2,1 a 33,1 ± 7,5 (g/10 días) en cada caso. También observaron un aumento en la exfoliación de la mucosa del intestino delgado del 35% en las alubias, aunque sugieren que esta fuente podría no tenerse en cuenta en el incremento de la excreción fecal de nitrógeno, ya que podría estar disponible para la digestión y reabsorción. Así, concluyen que, a la vista de sus resultados, la baja digestibilidad de las alubias cocinadas no estaría ocasionada por su efecto sobre el turnover de las células de la mucosa intestinal, tal y como proponían BENDER y MOHAMMADIHA y SANOJA y BENDER. Por otra parte, FAIRWEATHER-TAIT y col. sugieren que es probable que el N fecal represente un complejo producto final de la actividad de la flora intestinal que arrastra muchas fuentes de material nitrogenado, tanto dietético como endógeno.

CHAVAN y col. (1989) aportan una tabla con los valores encontrados en la bibliografía sobre los parámetros de calidad proteica del garbanzo (tabla 5).

Tabla 5. Parámetros biológicos de la proteína del garbanzo.

PARAMETRO	VALORES
Valor Biológico	52,0 - 85,0
Coeficiente Eficacia Crecimiento	1,2 - 2,64
Digestibilidad Verdadera	76,0 - 92,8
Utilización Neta Proteica	87,0 - 92,0

Vemos que hay variaciones considerables en los valores encontrados, que verifican la existencia de diversidad genética en los cultivos de garbanzos, para la calidad proteica.

BENNET (1977), determinó un Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC) para el garbanzo de 2,64, que es significativamente inferior al de la Caseína. ROCKLAND y RADKE (1981), obtienen un CEC de 2,2 para las semillas de garbanzo crudas.

COMBE y col. (1991), realizaron dos experiencias, una de digestibilidad proteica, y otra de crecimiento en ratas Sprague Dawley machos en crecimiento (con un peso medio de 70 g para la experiencia de digestibilidad y de 100 g para la de crecimiento), usando la semilla de garbanzo cruda como única fuente proteica (12% proteína) de una dieta balanceada y suplementada con Triptófano, aminoácidos azufrados, treonina, leucina e isoleucina, hasta alcanzar los requerimientos para estos animales. La experiencia de digestibilidad duraba 13 días (8 de adaptación y 5 de período experimental), mientras que la de crecimiento duraba 17 días (7 de adaptación y 10 de experimentales). Econtraron los siguientes valores para los parámetros de Ingesta y Cambios ponderales y Eficacia Digestiva y Metabólica:

* Ingesta (S.S. Ingerida en g/rata/día) = 20,2 ± 2,4
  Incremento de Peso (g/rata/día) = 9,1 ± 0,9
  CEC = 2,2
* CDA = 76%

Balance = 84,3 %

NPU = 63,6 %

Según estos autores, el valor del CDA estaría infravalorado debido a la existencia de una excreción endógena del nitrógeno. Al analizar el contenido en aminoácidos de la dieta, encontraron que la proporción de Arginina era 2 veces superior a los requerimientos de estos animales, así como que la proporción de aminoácidos azufrados era inferior a estos requerimientos, en unos niveles del 16% en el caso de la cisteina y del 32% para la metionina; el CDA obtenido para la Metionina e Histidina era del 71 y 88%, respectivamente. Las concentraciones de aminoácidos libres que se detectaron en sangre y músculo relacionados con la ingesta, indicaban que la metionina y treonina no estaban completamente disponibles para la síntesis proteica.

c) Suplementación proteica

Las suplementaciones, encaminadas a la obtención de una fórmula proteica adecuada a los requerimientos del animal en cuestión, puede realizarse, bien mediante la mezcla de fuentes que complementan sus deficiencias, o bien por la adición de aminoácidos sintéticos, cuya disponibilidad y precio los hace muy asequibles.

Los procedimientos de mejora de la calidad proteica indicados anteriormente pueden tener en mayor o menor grado algunos de los problemas antes citados, es decir, puede producirse o no un exceso de aminoácidos esenciales y/o imbalance

de los aminoácidos aportados por la proteína global. En general, se puede decir que el procedimiento más idóneo por fisiológico y económico es la complementación con fuentes proteicas de distinta procedencia.

La calidad proteica de las leguminosas puede mejorarse al mezclarlas con otros alimentos que contengan aminoácidos limitantes para ellas, que, como es sabido, son la Metionina y Cisteina.

Los cereales constituyen una buena suplementación de las legumbres. El Valor Biológico en ratas es mayor al combinar en la dieta la proteína de cereales con la de leguminosas en proporción 2:1, que al dar cada una de estas fuentes proteicas por separado. El sinergismo observado en las mezclas de cereal y leguminosa, no solo es debido a la complementación en cuanto a los aminoácidos esenciales, sino realmente por la obtención de un mejor balance en el conjunto de aminoácidos de la mezcla. Sin embargo, la Digestibilidad Verdadera de la combinación puede ser, en ocasiones, peor (MACIEJEWICZ y col., 1985).

ANGEL y Del SOTELO (1978) determinaron la composición química, contenido en aminoácidos y CEC de una dieta con mezcla de cereales/garbanzo y observaron que la mezcla tenía mayor valor nutritivo que los cereales o garbanzos solos. El efecto de la suplementación sobre el valor nutricional es más pronunciado cuando el garbanzo se usa en combinación con el arroz que cuando se usa con el trigo.

GUPTA y col.(1979), comprobaron que la adición de garbanzo a maíz (3:7) aumenta el valor nutritivo, en función de la proteína, más que la suplementación con aminoácidos.

JAFFE (1950), al estudiar el efecto de la adición de metionina a varias especies y variedades de leguminosas, observó que al añadir metionina al garbanzo, el Coeficiente de Eficacia en Crecimiento pasaba de 0,7 a 2,8.

2.2.2. HIDRATOS DE CARBONO

2.2.2.1. Composición

Las leguminosas son una fuente excelente de hidratos de carbono (hidratos de carbono solubles, almidón y fibra alimentaria).

El contenido de azúcares de las leguminosas es más elevado que en los cereales, en especial el componente de oligosacáridos, que no son asimilados en el intestino delgado por falta de enzimas y pueden producir flatulencias si tiene lugar una fermentación bacteriana en el intestino grueso . Así, una parte de los hidratos de carbono (azúcares libres y almidón) de las leguminosas es utilizable por el hombre para producir energía mientras que otra no puede ser desdoblada en nuestro aparato digestivo por carecer de enzimas específicos. La disponibilidad de los Hidratos de Carbono es importante en términos de valor calórico.

SINGH (1985), afirma en su revisión sobre los garbanzos que el contenido total de Hidratos de Carbono en su semilla varia desde un 52,4 al 70,9%, de los cuales hay:

- Almidón (41-51,8%): - 20-30% amilosa
  - amilopectina
- Azúcares solubles

El almidón es, por tanto, el principal Hidrato de Carbono presente en los garbanzos.

El almidón representa el 45-60% de los Hidratos de Carbono en las legumbres secas. Es un polisacárido presente en los granos amiláceos como mezcla de amilosa (no ramificada, soluble en agua) y amilopectina (ramificada, soluble en soluciones coloidales). Una mayor proporción de amilosa retrasa la gelatinización del almidón y repercute en la cocción. El almidón es bastante aconsejable por sus positivos efectos fisiológicos así como en algunas situaciones patológicas, por ej., en el caso de los diabéticos ya que, al ser un glúcido de digestión y absorción lentas, disminuye los riesgos postpandriales de glucemia e insulinemia. Algunos estudios han puesto de manifiesto que el procesado de leguminosas tiene efectos negativos sobre estas propiedades beneficiosas. Por otra parte, se ha visto que la respuesta glucémica e insulinémica producida tras la ingesta de harinas de leguminosas es más baja que la que se obtiene con el pan blanco de trigo (TOVAR y col., 1992).

En cuanto al contenido en Hidratos de Carbono solubles, los niveles en leguminosas oscilan alrededor del 10% y están constituidos por Glucosa, Fructosa, Sacarosa y Alfa-galactósidos de la sacarosa. En la tabla 6, se expresan los valores encontrados por diversos autores para estos azúcares en el garbanzo.

Tabla 6. Valores de Hidratos de Carbono en el garbanzo, expresados en %.

Glu.	Fru.	Sac.	Rafin.	Estaqu.	Verbas.	CITA
-	0,28	3,36	0,57	1,90	-	(1)
-	-	0,7-2,9	0,7-2,4	2,1-2,6	0,4-2,5	(2)
-	-	2,47	3,4	1,6	-	(3)
0,1	0,1	4,3	1,0	2,8	trazas	(4)
-	-	4,3	1,0	2,8	-	(5)
-	-	1,3	1,09	1,18	3,41	(6)
-	-	1,4	1,9	-	1,1	(7)
0,1	0,1	0,7-2,9	tr-3,0	0,5-6,5	tr-4,5	(8)
-	-	-	1-2,1	4,1-6,5	0-4,2	(9)

(1) VIDAL y FRIAS (1989)
(2) REDDY y col. (1984)
(3) KNUDSEN (1986)
(4) AMAN (1979)
(5) MATAIX y SALIDO (1984)
(6) JOOD y col. (1985)
(7) RAO y BELAVADY (1978)
(8) CHAVAN y col. (1989)
(9) COMBE y col. (1991)

La composición en hidratos de carbono varía con la parte de la legumbre estudiada, y además, dentro de una misma especie depende de la variedad (SINGH y col., 1982). Así, existen diferencias en la composición hidrocarbonada de los tipos *desi* y *kabuli*; SINGH y JAMBUNATHAN (1978) y SAINI y KNIGHTS (1984), observaron al comparar ambos que los niveles de alfa-galactósidos de la serie rafinosa, así como la sacarosa, eran mayores en *kabuli*, mientras que en los *desi* predominaba la estaquiosa. La verbascosa representaba en ambos solo una fracción (0,09-0,41% de la semilla) de los azúcares solubles totales. Contrariamente a lo obtenido por estos autores, ROSSI y col. (1984) encontraron que las variedades claras (*kabuli*) tenían menos oligosacáridos y más sacarosa que los oscuros; así como que los azúcares totales eran mayores en los claros. Según estos autores, el contenido en hidratos de carbono de los garbanzos va en el orden decreciente: sacarosa, maninotriosa y estaquiosa, lo que coincide con lo encontrado por AMAN (1979), aunque contradice a RAO y BELAVADY (1978), que encontraron la rafinosa como mayoritario y a REDDY y col (1984) según los cuales el alfa-galactósido predominante depende del tipo de leguminosa y en el garbanzo sería la estaquiosa.

La cuantificación de los alfa-galactósidos y la amilosa ofrece un criterio útil para identificar los genotipos de alta calidad nutricional.

2.2.2.2. Disponibilidad de los Hidratos de Carbono

Desafortunadamente, la concentración de hidratos de carbono no disponibles en el garbanzo es muy alta; teniendo esta leguminosa una baja digestibilidad de hidratos de carbono, determinada tanto *in vivo* como *in vitro* (SINGH, 1985).

Se sabe que el almidón de las leguminosas influencia la utilización de los aminoácidos y proteínas de otras fuentes de la dieta y que esta influencia depende de la propia digestibilidad del almidón (RAO y RAO, 1978).

2.2.3. FIBRA

Se considera fibra alimentaria al conjunto de restos vegetales resistentes a los enzimas del aparato digestivo. Incluye la celulosa (polímero de la glucosa, no desdoblable por amilasas), la hemicelulosa (conjunto heterogéneo de polisacáridos, principalmente polímeros de pentosas, solubles e insolubles en agua y solubles en álcalis diluidos), las pectinas (polisacáridos mixtos de gran capacidad gelificante) y la lignina (polímero de alcoholes aromáticos).

2.2.3.1. Composición

Los garbanzos contienen un 15-19% de fibra dietética según VIDAL y FRIAS (1989), un 5,2-19,4% según SINGH (1985) y un 7,1

a 13,5 según CHAVAN y col. (1989). En cualquier caso, el contenido en fibra está directamente relacionado con la cantidad de cubierta de la semilla. Los componentes mayoritarios en el garbanzo son la hemicelulosa y la lignina, siendo la cubierta más rica en celulosa y lignina, y el resto de la semilla en hemicelulosa.

KAMATH y BELAVADY (1980), aportan una tabla con la composición en fibra dietética del garbanzo (en %):

Hemicelulosa + Pectina		Celulosa	Lignina	Fibra total
Soluble	Insoluble			
0,9	8,1	13,7	2,9	25,6

Los análisis recientes revelan que los dos únicos constituyentes que distinguen claramente los dos tipos de garbanzos, *desi* y *kabuli*, son la proporción de cubierta de la semilla y el contenido en fibra de la misma (JAMBUNATHAN y SINGH, 1981), mientras que la composición en aminoácidos y fracciones proteicas de la semilla son, como vimos anteriormente, similares en ambos tipos (SINGH y col., 1981).

ROSSI y col. (1984), al comparar las variedades clara y oscura del garbanzo, observaron un mayor contenido en fibra de la primera frente a la segunda. Esto es debido al hecho de que las semillas oscuras son más pequeñas que las claras presentando estas últimas una mayor proporción de cubierta y de fibra.

SINGH y col. (1980) encontraron también una mayor proporción

de cubierta en el tipo *desi* sugiriendo que, en términos de valor calórico y utilización de los nutrientes, los cultivos *kabuli* son superiores a los *desi*, conteniendo estos mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa.

2.2.3.2. Efecto de la fibra sobre la utilización de nutrientes

Los efectos de la fibra de la dieta sobre la función del tracto gastrointestinal y la utilización de nutrientes varían ampliamente con la cantidad y tipo de fibra consumida. Algunas fuentes de fibra dietética insoluble en agua, como la celulosa, lignina y algunas hemicelulosas, afectan a la motilidad del tracto gastrointestinal e interfieren con la absorción de nutrientes.

El incremento en la ingesta de fibra está normalmente asociado con un aumento del volumen fecal, y, asociado a este aumento de volumen, las heces contienen mayores concentraciones de grasa, nitrógeno, minerales y elementos traza; esto es en parte debido al efecto bloqueante que tiene la fibra dietética sobre la digestión y también en parte debido al hecho de que la fibra dietética, en general, contiene minerales y otros nutrientes (MUÑOZ, 1986).

El coeficiente de digestibilidad de la proteína varia en razón inversa con el contenido en fibra de la dieta (RAVINDRAN y col., 1984). Este efecto es más marcado en animales

monogástricos, y puede explicarse sobre la base de que la fibra aumenta el peristaltismo y disminuye el tiempo de tránsito, disminuyendo así la absorción.

2.2.4. MINERALES

2.2.4.1. Composición

Actualmente se está poniendo de relieve el hecho de que las leguminosas, además de ser una fuente importante de proteína, son también una buena fuente de minerales. (JAMBUNATHAN y SINGH, 1981).

El Potasio contribuye a un 25-30% del contenido mineral total de las leguminosas. Así, pueden ser utilizadas beneficiosamente en dietas para personas que toman diuréticos para controlar la hipertensión y que eliminan excesivo potasio por los fluidos corporales.

Las leguminosas también son una buena fuente de Hierro, conteniendo una media de 7-10 mg/100 g de muestra.

El garbanzo es una fuente muy buena de minerales, como son el calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio, y elementos traza. Excepto para el calcio, las diferencias de composición mineral entre la cubierta y los cotiledones es mínima. La cubierta del garbanzo aporta alrededor de un 70% del calcio total de la semilla. En la India y otros países se consumen los

garbanzos casi siempre sin las cubiertas, por lo que la pérdida de calcio tendría importantes implicaciones nutricionales, dado el elevado consumo de esta leguminosa en estas zonas. Así, en base a esto debe aconsejarse el consumo de la semilla completa (SINGH, 1985)(JAMBUNATHAN y SINGH, 1981).

El garbanzo es una buena fuente de hierro ya que su disponibilidad es más alta (91%) que en otros granos de leguminosa (SINGH, 1985).

JAMBUNATHAN y SINGH (1981) vieron que la composición media de minerales y elementos traza de la semilla completa no varía significativamente entre los tipos *desi* y *kabuli*, mientras que esta composición si varía entre las cubiertas de estas dos variedades del garbanzo. Sin embargo, estos mismos autores comprobaron que la localización del cultivo de garbanzos tiene poco efecto en el contenido mineral del mismo. Los valores obtenidos por ellos para esta leguminosa son los siguientes (expresados en mg/100g semilla completa y seca):

	valores	media
Calcio	93 a 259	167±12
Magnesio	128 a 168	144±4,1
Hierro	3 a 9,8	6,53±0,54
Fósforo	244 a 458	330±21

TIWARI y col. (1977) determinaron el contenido en diversos minerales de siete variedades de garbanzos, cultivados en una

misma zona de la India, y vieron que este contenido era variable entre ellas, oscilando entre los siguientes valores (expresados en mg/100 g de materia fresca, y con una humedad de media de aproximadamente el 10%):

		valores medios
Calcio	155,2±5,51 a 233,03±7,18	200,03±7,18
Magnesio	140,21±8,23 a 167,07±6,14	156,62±4,02
Hierro	4,61±0,85 a 8,00±0,88	6,01±0,40
Cobre	850,2±28,72 a 1066,3±21,86	959,59±31,19
Sodio	9,76±1,25 a 150,13±4,67	77,26±23,91
Potasio	759,3±11,0 a 1028,4±14,66	869,94±43,61

SALUNKHE y col. (1985) determinaron la siguiente concentración en minerales del garbanzo (en mg/100g):

Calcio	114
Fósforo	387
Magnesio	168
Hierro	6,2
Cobre	2,3
Sodio	29,5

COMBE y col. (1991) obtuvieron para el garbanzo los siguientes valores para minerales (en g/Kg):

Calcio	1,2
Magnesio	1,3
Hierro	61,0

Fósforo	4,6
Potasio	11,8
Sodio	0,4

2.2.4.2. Utilización Nutritiva de Minerales (Calcio, Fósforo y Magnesio). Requerimientos

Las recomendaciones futuras para la ingesta de calcio estarán expresadas en relación al nivel de actividad física, contenido en energía de la dieta e ingesta de minerales (magnesio y fosfato) y vitamina D (International Life Sciences Instituto, ILSI, Europe, 1990).

Las recomendaciones de la cantidad diaria de magnesio son especialmente difíciles, dadas las complejas interrelaciones dietéticas y fisiológicas del magnesio con la energía, calcio, fosfato, lactosa, potasio y probablemente algunos factores más como la edad, estado fisiológico; de ahí que haya gran controversia en la bibliografía consultada.

Como hicimos en el capítulo correspondiente a la proteína, vamos a citar los requerimientos en minerales para las ratas, por ser estas el animal usado para nuestros experimentos (Tabla 7).

Tabla 7. Requerimientos en minerales para ratas en crecimiento (recomendados por la NCR, 1972)

Elemento (*)	Recomendación
Calcio	5.000,0
Fósforo	4.000,0
Sodio	500,0
Potasio	1.800,0
Magnesio	400,0
Manganeso	50,0
Hierro	35,0
Cobre	5,0
Cinc	12,0
Iodo	0,15
Selenio	0,04
Cromo	-
Cloruro	500,0
Sulfato	-

a) CALCIO

El transporte de calcio en el intestino delgado ocurre a través de dos procesos independientes:

* Transporte activo: es una ruta transcelular saturable, que está sujeta a una regulación fisiológica y nutricional, varia inversamente con la ingesta de calcio y es dependiente de vitamina D. Tiene lugar, en su mayor parte, en el intestino proximal, duodeno y parte superior de yeyuno y no es detectable en íleon (PANSU y col., 1983). Es particularmente importante en

situaciones de baja ingesta de calcio y durante períodos de altas necesidades del catión, como son el crecimiento, embarazo y lactación.

La absorción de calcio, por este mecanismo, es función exponencial de la ingesta, de forma que, cuando disminuye la ingesta de calcio de la dieta la absorción activa es alta, y cuando esta ingesta es elevada, la absorción activa es baja (KAUP y col., 1990).

* Transporte pasivo: está basado en la difusión y directamente relacionado con la concentración mineral en el lumen intestinal. Es un proceso no saturable y parece ser independiente de la vitamina D. Tiene lugar a lo largo del intestino, y predomina en situaciones de alta ingesta de calcio.

En la rata, el porcentaje de transporte por el proceso no saturable es alrededor del 16% por hora (PANSU y col., 1983).

El cuerpo pierde calcio con las heces, la orina y el sudor. El calcio fecal incluye el de la dieta no absorbido, cuya cantidad depende de la ingesta y otros factores, y una pequeña porción de calcio endógeno secretado. La excreción urinaria está influida por factores hormonales y dietéticos. Entre estos últimos se incluyen las proteínas, el sodio y algunos hidratos de carbono, que aumentan la excreción de calcio, y el fósforo que la disminuye.

b) FOSFORO

El Fósforo, una vez separado por hidrólisis de los alimentos que lo contienen, se absorbe con facilidad como fosfato inorgánico (Pi) libre en el intestino delgado, fundamentalmente en yeyuno, tanto por transporte activo como por difusión pasiva.

Una gran proporción de fósforo de la dieta es absorbido, aproximadamente del 60 al 70%.

A diferencia de la absorción de calcio, la absorción de Pi es directamente proporcional a la ingestión. Muchos estímulos que aumentan la absorción de calcio, incluyendo el 1,25-dihidroxicolecalciferol, también aumentan la absorción de Pi.

Estudios realizados *in vitro* utilizando la preparación del saco intestinal han permitido a varios grupos de investigadores tener la evidencia de la existencia de un transporte activo de fósforo en el intestino, así como la regulación de este mecanismo por la vitamina D y sus metabolitos (WASSERMAN y TAYLOR, 1973).

c) MAGNESIO

Existen tres mecanismos de transporte intestinal de magnesio: difusión pasiva, arrastre de disolvente y transporte activo. La evidencia del transporte activo en intestino delgado se deriva indirectamente por la observación de que la absorción de magnesio no es lineal con la concentración luminal de magnesio

y se reduce a altas concentraciones. Si bien, bajo ingestas normales de magnesio, el mecanismo activo llegaría a saturarse y la mayor parte de la absorción de magnesio se realizaría a través de los mecanismos de difusión pasiva y arrastre de disolvente.

2.2.4.3. Efecto de los componentes de la dieta sobre la utilización nutritiva de minerales

Numerosos autores han establecido la relación entre la utilización nutritiva de los minerales y varios factores de la dieta, entre los que se encuentra la propia interrelación que puede existir entre los nutrientes, la digestibilidad de los mismos, las formas químicas del mineral, los niveles dietéticos de otros nutrientes, presencia de quelatos minerales, tamaño de partícula del alimento y condiciones de procesado del mismo. Todos estos factores tienen un papel importante en la biodisponibilidad última del mineral, que se define como la proporción de mineral que puede ser absorbido y utilizado por el cuerpo.

La disponibilidad biológica de todos los minerales está influida por factores intrínsecos de los alimentos y los suplementos; por ejemplo, componentes de la dieta como el ácido fítico, ácido oxálico, proteínas, polifenoles y polisacáridos complejos como el almidón y la fibra, se sabe que interaccionan con minerales alterando su biodisponobilidad. Ee el caso del calcio, la biodisponibilidad está también determinada por un

amplio número de factores tales como edad, sexo, embarazo y lactación. En este capítulo vamos a hacer alusión a los factores más interesantes para nuestro estudio.

a) Efecto de la proteína de la dieta

La importancia de la proteína sobre la absorción del calcio es conocida desde los trabajos que concluyen que, de una dieta que no contiene proteína ni aminoácidos, solo una mínima parte del calcio puede ser absorbida. Se cree que el efecto beneficioso de la proteína puede deberse a la formación de complejos de los que el calcio es fácilmente liberado en forma adecuada para su absorción. A un mecanismo de este tipo han atribuido algunos autores el elevado coeficiente de digestibilidad de la leche. Además, las proteínas son fuentes de aminoácidos, muchos de los cuales colaboran en la absorción del calcio.

MURILLO y col. (1972) calcularon en ratas adultas, mediante la técnica de Mitchell, el Coeficiente de Digestibilidad (CD) del calcio (sin emplear la corrección por calcio endógeno) de una dieta balanceada, a la que se añade el calcio bajo diferentes formas, y con un 12% de proteína que provenía de cacahuete o de hígado vacuno cocido, asegurando esta última dieta un aporte proteico que permitía analizar la influencia de la calidad proteica y la lisina sobre la digestibilidad del calcio. Obtuvieron un CD significativamente superior en la dieta con proteína de cacahuete (CD=58,3%) que en la preparada con harina de hígado cocido (CD=35,3%). Puesto que ambas dietas solo

difieren en el tipo de proteína, hay que admitir que la proteína del cacahuete colabora más en la absorción del calcio. Bajo sus condiciones experimentales, vieron que la lisina producía un cierto aumento del CD del calcio, lo que explican por la formación de un complejo lisina-calcio que atraviesa la mucosa intestinal con especial facilidad. No se puede pensar en que la lisina actuase después de ser absorbida, ya que , en trabajos consultados por estos autores, se veía que la administración parenteral de lisina no producía cambios en la absorción del calcio. La influencia de la lisina sobre la absorción del calcio ha sido muy discutida y, según estos autores, los diferentes resultados que encuentran en la bibliografía podrían conciliarse analizando las dietas ensayadas, ya que, es probable, que cuando la dieta ya contiene suficiente cantidad de lisina, la adición de este aminoácido no tenga efecto aparente. Así, en las experiencias que realizaron MURRILLO y col., el tratamiento de cocción fue suficientemente severo para inactivar parte de los aminoácidos de la proteína de hígado y quizá por ello la adición de lisina tuvo un efecto beneficioso (obteniéndose un CD=40,7%). Estos mismos autores también señalan un efecto beneficioso de la arginina sobre la absorción del calcio.

Es bien conocida en ratas la relación entre la proteína de la dieta y el calcio urinario, de forma que, tal y como confirman BELL y col. (1975) en sus trabajos, la excreción urinaria de calcio se aumenta significativamente al incrementar el nivel proteico de la dieta. Esto es debido a un aumento en la absorción intestinal de calcio dietético y a un cambio en la ruta de

excreción del calcio endógeno de las heces a la orina; sin embargo, no existe ningún cambio en el balance global del calcio, ya que se disminuye el calcio fecal. Estos autores afirman también que una dieta hiperprotéica no afecta a la cantidad de calcio que se pierde de los huesos, así como tampoco se ve afectado el calcio plasmático por la proteína de la dieta.

ALLEN y HALL (1978), afirman que el calcio urinario se incrementa a 1,7 y 1,1 mg/día en ratas que consumen dieta hiperproteica (36% caseína) durante 2 y 7 días respectivamente. Sin embargo, tras consumir esta misma dieta durante 29 días, la excreción urinaria de calcio es de 0,7 mg/día, igual que en ratas control. Comprueban que el incremento del calcio urinario es lineal con el de la proteína y que este efecto es independiente de los niveles de calcio de la dieta, aunque existe alguna evidencia de que las ingestas de calcio reducen el grado de balance negativo inducido por el consumo elevado de proteína.

Es muy interesante el estudio realizado por KHAN y CHAKRABARTI (1978) en ratas Wistar albinas (60-90 g) en el que se compara el efecto de dos proporciones de proteína, proviniente de garbanzos o lentejas, en la dieta, sobre la retención de calcio y fósforo. Se observa que, cuando el nivel proteico es del 18%, la retención de estos minerales es comparable a los valores que se obtienen con una dieta con el 18% de caseína; mientras que si la proteína está al 12% en la dieta, el porcentaje de retención obtenido con las dietas de leguminosa se reduciría. Por otra parte, encontraron que el calcio sérico era

significativamente menor en la ratas que consumían proteína de leguminosa tanto al 12 como al 18%. El calcio y fósforo en hígado y riñón mostraban una tendencia similar.

El nivel proteico de la dieta parece tener mayor efecto sobre la actividad de enzimas férricas que la cantidad de hierro de la dieta, según afirman KHAN y CHAKRABARTI (1980), los cuales ensayaron en ratas Wistar de 40-50g (peso inicial) el efecto de diferentes niveles de proteína en la dieta, procedente de garbanzos o lentejas, y vieron que cuando esta era del 18% no había diferencias en las enzimas férricas, al compararlas con una dieta control con el 18% de caseína. Al variar las cantidades de hierro de la dieta no se producían cambios en el contenido en citocromos ni en la actividad enzimática del hígado.

KHAN y CHAKRABARTI (1979) comprobaron al realizar un estudio, semejante a los mencionados anteriormente de estos mismos autores, que si se consumía proteína de garbanzo al 18 % en la dieta, no variaban los niveles de cobre hepático ni la actividad de enzimas relacionadas con este mineral en hígado y suero, al compararlo con la dieta control (18% caseína).

Si la cantidad de proteína de la dieta causa un balance positivo o negativo de magnesio, parece depender de la cantidad relativa de cada uno en la dieta, de forma que si hay una baja ingesta de magnesio y muy baja de proteína, al incrementar la ingesta proteica hasta un nivel adecuado se mejora la retención de magnesio; pero si se aumenta más la proteína, se daña la

retención de este mineral (WESTER, 1987).

b) Efecto de las Vitaminas

Puesto que la vitamina D es la principal reguladora del transporte activo de calcio, las condiciones que alteran el aporte de vitamina D o modifican el metabolismo de esta vitamina, es de esperar que afecten al transporte activo de calcio.

La hormona paratiroidea y la calcitonina constituyen un doble sistema de control proporcional que mantiene constante de forma efectiva la concentración de calcio extracelular. A estas acciones hay que añadir la de la vitamina D que, a través de sus metabolitos biologicamente activos, altera la respuesta del hueso a ambas hormonas, de forma que las alteraciones en la resorción ósea satisfagan las necesidades del crecimiento esquelético y de la remodelación, así como la homeostasis del calcio.

FAVUS y col. (1989) observaron que el 1,25-dihidroxicolecalciferol estimula la absorción de calcio, a través de un incremento de la actividad del transporte celular.

LEE y col. (1979) estudiaron el efecto de la concentración de Fósforo extracelular y la privación de fósforo dietario sobre la absorción del mismo en ratas deficientes en vitamina D, con o sin replección de 1,25-dihidroxicolecalciferol. Estos autores sugieren que el yeyuno en rata es capaz de llevar a cabo una absorción y una secreción activas de fósforo. La privación de

fósforo dietario tiene un potente efecto estimulador sobre la absorción de este mineral, pero esta respuesta es solo observada en ratas con suministro de vitamina D.

No es muy conocida la importancia de la vitamina D en la absorción de magnesio. MORATALLA (1994) observa, tras su revisión bibliográfica, que existe un incremento de la absorción de magnesio en ratas deficientes en vitamina D a las que se administran dosis farmacológicas de varios esteroles de esta vitamina. Al aumentar el magnesio en la dieta de 0,03 a 0,2%, disminuye el tanto por ciento absorbido de magnesio en estas ratas deficientes en vitamina D, a los tres días. Esto puede indicar que hay dos sistemas de transporte intestinal del magnesio: uno que es dependiente de vitamina D y otro que es independiente de esta vitamina pero depende del nivel de magnesio en la dieta.

Por su parte, HARDWICK y col. (1991) afirman que las dosis farmacológicas de vitamina D elevan la absorción de magnesio en animales deficientes o no en esta vitamina, si bien, una cantidad considerable de magnesio se absorbe independientemente de la vitamina D. Además, esta vitamina puede reducir la retención de magnesio al elevar la excreción urinaria del mismo.

c) Efecto del ácido Fítico y Oxálico

Tanto el ácido fítico como las proteínas pueden formar complejos con los minerales de la dieta, como el Calcio, Cinc,

Hierro y Magnesio, y disminuir su disponibilidad biológica para la absorción. Así, por ejemplo, la mayor o menor utilización del calcio alimenticio depende, en primer lugar, de su capacidad de disolverse en el lumen intestinal. Una parte del calcio alimenticio se pierde porque es precipitado a pH intestinal por algunos aniones que lo acompañan frecuentemente en la dieta, tales como el oxalato y fitatos.

RACKIS y col. (1986) afirman que la disminución en la biodisponibilidad de minerales esenciales por formación de complejos en la leguminosa, depende de los siguientes factores:

1) Capacidad de los transportadores endógenos de la mucosa intestinal para absorber minerales esenciales unidos a fitato u otras sustancias de la dieta.

2) Concentración del ácido fítico en la dieta

3) Concentración de minerales en la dieta

4) Digestión e hidrólisis del fitato por la enzima fitasa en el intestino.

5) Inhibición de la fitasa

6) Métodos de procesado del alimento

El mecanismo por el que el fitato afecta a la nutrición mineral no está claramente descrito. Muchos investigadores sugieren la formación de complejos fitato-mineral en el tracto intestinal, que evitan la absorción mineral. La formación de estos complejos es pH dependiente.

KADAM y SALUNKHE (1984) determinan la cantidad de fósforo-

fitato en el total de fósforo del garbanzo, y esta es igual al 40%.

NAHAPETIAN y YOUNG (1980) estudian, durante seis semanas en ratas Sprague-Dawley machos de 30 días, el metabolismo del fitato y los efectos de la ingesta de una dieta basal con diferentes concentraciones de calcio sobre dicho metabolismo. Las dietas con bajo o alto contenido de calcio, tenían 2,87 y 30,58 nM Ca/100g dieta, 13,43 y 13,63 nM P/100g dieta y 9,62 y 9,59% de ácido fítico, respectivamente. Los resultados obtenidos con ellas, sugieren que el fitato o sus derivados, se absorben (en un 94%) cuando la ingesta de calcio es baja (Ca/P = 0,21) y se oxida fundamentalmente a CO_2 (en un 60%). Así, estos autores concluyen que, con una ingesta óptima de fósforo y un cociente Ca/P = 1:1, el fósforo-fitato es casi totalmente utilizado como fósforo inorgánico; y, con un cociente Ca/P = 2:1, decrece la disponibilidad del fósforo.

Los autores anteriores (NAHAPETIAN y YOUNG, 1980), también encuentran que el peso seco medio del fémur de las ratas que consumen la dieta hipercálcica es significativamente mayor ($p<0,01$) que el de la hipocálcica. También observan una disminución en la calcificación del hueso debido a la presencia de fitato, en las dietas bajas en calcio, ya que éste causa una disminución en la absorción gastrointestinal de calcio.

BRINK y col. (1991) comprobaron que el fitato disminuye la absorción del magnesio, probablemente debido a la formación de

un complejo intestinal fitato-magnesio-calcio. Sin embargo, el fitato no causa diferencia significativa en la retención de magnesio, ni en la concentración de este mineral en plasma y riñón.

Por otra parte, existen una gran variedad de sustancias capaces de solubilizar el calcio como son el ácido cítrico y el EDTA (Etilendiaminotetracético). El ácido cítrico se ha comprobado que favorece la absorción de calcio en dietas ricas en cereales y tiene una influencia beneficiosa sobre la utilización de calcio cuando las dietas suministradas son deficientes en dicho mineral. MURILLO y VARELA (1969), en estudios realizados con ratas, encontraron que la adición de citrato sódico (2,9%) a una dieta que contenía oxalato sódico (1,34%) conducía a un aumento de la digestibilidad del calcio, disminuida por la presencia de oxalato.

d) Concentración de los minerales en la dieta e Interrelación de los mismos

Los estudios sobre las interrelaciones de minerales datan de las primeras observaciones de que bajos índices de calcio inhiben el balance de fósforo, y continúan con investigaciones más recientes que revelan interdependencias fundamentales entre cinc-calcio, magnesio-fósforo y calcio-magnesio, por ejemplo.

Numerosos investigadores han establecido una conexión entre el metabolismo del magnesio y varios factores de la dieta.

Existen algunos componentes que influencian la absorción de magnesio, como son la cantidad ingerida del mismo y el contenido en la dieta de calcio, fosfato, fitato, proteína, etc.

WESTER (1987) afirma que con una ingesta en la dieta muy baja de magnesio (< 1 nmol/día) se absorbe el 75%, mientras que con una ingesta elevada (25 nmol/día) se disminuye la absorción al 24%.

BRINK y col. (1991) comprobaron en ratas que la concentración de magnesio en la dieta influye sobre varios aspectos de su metabolismo, de forma que, si se incrementa la ingesta de magnesio, se aumenta la absorción absoluta intestinal del mismo (aunque disminuye la eficacia relativa de este proceso), así como que se aumenta la retención y la concentración de magnesio en orina, heces, plasma y fémur. La concentración de magnesio en riñón no se afecta por la ingesta del mismo. La disminución en la absorción de magnesio solo lleva a una menor acumulación del mismo en fémur cuando la concentración del mineral en la dieta es inferior a la regular.

Se ha demostrado en experimentos animales que una ingesta elevada de **calcio** puede precipitar la deficiencia de **magnesio** y, si se aumenta la ingesta de calcio, se incrementa la pérdida de magnesio. También se ha sugerido que la deficiencia en magnesio moviliza el calcio de los huesos (WESTER, 1987).

BRINK y col. (1992) concluyen en sus experimentos con ratas

que, el incremento en la ingesta de calcio y fosfato, disminuye la absorción de magnesio por la formación de un complejo insoluble calcio-magnesio-fosfato en el lumen intestinal. Este efecto inhibidor del calcio sobre la absorción del magnesio depende de la relación fosfato-magnesio en la dieta, que determina si se formará el complejo o no.

Esto corrobora los resultados obtenidos previamente por FORBES (1963), el cual ensayó en ratas en crecimiento, dietas balanceadas en las que solo cambiaba la concentración de calcio (0,4 y 0,8%), magnesio (142 y 420 ppm) y fósforo (0,19 y 0,50%) y observó que el incremento de peso y la ingesta eran severamente disminuidas al aumentar el calcio en las dietas bajas en fósforo, independientemente del magnesio; la adición de magnesio producía un aumento en el incremento de peso, que era más pronunciado cuando el calcio era elevado y el fósforo bajo; y también producía un incremento del porcentaje absorbido y el excretado por orina (de magnesio) en los animales que consumían poco calcio. Así mismo, vieron que el consumo elevado de magnesio producía mayor almacenamiento del mismo cuando las ratas consumían dieta elevada en calcio. Los únicos animales que presentaban un balance negativo de magnesio eran los que ingerían mucho calcio y poco magnesio y fósforo. El incremento de la ingesta de magnesio aumentaba su contenido en las cenizas del hueso, lo cual era más marcado en los animales con dieta elevada en fósforo. Era evidente para este autor, la relación recíproca entre los niveles elevados de calcio y fósforo y el porcentaje de excreción urinaria de estos minerales.

TOOTHILL (1963) estudió en ratas en crecimiento el efecto de las distintas cantidades de calcio y fósforo en una dieta equilibrada, con una cantidad constante de magnesio (20 mg Mg/100 g dieta) y observó que la absorción aparente de este mineral era significativamente reducida por el incremento en el nivel dietético de calcio (de 0,34 a 0,68%) o de fósforo (de 0,39 a 0,79%) y era aún más reducida cuando el calcio y el fósforo eran incrementados simultáneamente a niveles de 0,65 y 0,78% respectivamente.

HARDWICK y col. (1990) estudiaron las interacciones **calcio-magnesio**, para lo cual ensayaron en ratas Wistar el efecto de la diferente concentración de calcio y magnesio en una dieta balanceada sobre la absorción de estos minerales, comprobando que el incremento de calcio en la dieta no afecta al balance del mismo porque se mantiene constante la absorción; de forma que, bajo condiciones de concentraciones normales (0,5%) o altas (?,5%) de calcio en la dieta, la absorción de calcio en el intestino no depende del calcio ingerido. En contraste, el balance de magnesio aumenta significativamente en respuesta al incremento de este mineral en la dieta siendo, por tanto, la absorción de magnesio en el intestino dependiente de su ingesta. Los valores de utilización digestiva que obtuvieron estos autores para el calcio y el magnesio en ratas de 7 semanas y para una dieta normal (0,5% calcio, 0,05% magnesio y 0,5% fósforo) son:

Mineral	Ingesta	Excreción fecal	Excreción urinaria	Balance	CDA
Calcio	78±2	12±2	1±0,5	65±3	85±2
Magnesio	8,4±0,2	1,0±0,2	1,1±0,5	6,2±0,5	88±2

HARDWICK y col. (1991) comprobaron mediante un estudio posterior y la bibliografía consultada que, en ratas, la absorción de **magnesio** *in vivo* está reducida por una ingesta de **calcio** elevada, así como que la absorción de calcio está disminuida en ratas magnesio-deficientes, al compararlas con las controles, mientras que la deficiencia de calcio no tiene efecto sobre la absorción de magnesio. Sin embargo, el mecanismo mediante el cual interaccionan calcio y magnesio no ha sido bien definido. Por otra parte, el calcio puede afectar indirectamente a la absorción de magnesio mediante cambios en la concentración sérica de hormonas reguladoras del calcio, ya que estas alteraciones afectan no solo al 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-DHCC) sino tambien a la hormona paratiroidea (PTH) y, aunque el efecto del 1,25-DHCC sobre la absorción del magnesio no está completamente claro, la PTH aumenta la absorción de magnesio tanto en humanos como en animales. El efecto de estas hormonas es, probablemente, más importante en la adaptación a largo plazo a los niveles de calcio y magnesio de la dieta que a las fluctuaciones a corto y medio plazo.

Los autores anteriores (HARDWICK y col., 1991) mencionan en su trabajo el hecho de que el efecto del **fósforo inorgánico** (Pi)

sobre la absorción de magnesio depende de la cantidad de magnesio en la dieta para ratas en crecimiento. Así, elevadas cantidades de Pi (1,0%) disminuye la absorción de magnesio cuando el magnesio en la dieta está alto (0,1%); por otro lado, una ingesta elevada de magnesio, disminuye la absorción de Pi en mayor grado que una ingesta elevada del mismo, aunque no se afectaría significativamente el balance de Pi.

KAUP y col. (1990) afirman, contradiciendo a los autores anteriores, que, variando la ingesta de calcio, la absorción del mismo cambia en relación inversa. Así, cuando la ingesta de calcio es baja, la absorción activa es alta y, cuando la ingesta es alta, la absorción activa es baja. Esto se explicaría con el hecho de que una baja ingesta de calcio tiende a disminuir el calcio plasmático fraccionalmente, y un calcio plasmático bajo está asociado con un aumento en el nivel de producción de 1,25-DHCC, lo que conduciría a niveles altos de CaBP (proteína de unión con el calcio) y a un transporte activo de calcio.

Respecto a la interacción calcio-fosfato, WISE (1980) afirma que, debido a su baja solubilidad, el calcio y el fosfato se absorben peor cuando uno u otro están en exceso en la dieta, de forma que, el cociente calcio/fosfato de la dieta es un factor importante para determinar la absorción del calcio de la dieta en animales.

MASSEY (1993) afirma que un aumento en el consumo de fosfato, disminuye el calcio urinario. Según CLARK (1969), las

relaciones Ca/P superiores a 2, disminuyen la absorción de fósforo a la mitad y por tanto su concentración en plasma.

e) Efecto de la Fibra

Muchos autores afirman que la fibra dietética interviene de forma negativa en los procesos de absorción y digestión de minerales, debido a la propiedad de actuar como resina de intercambio iónico, reduciendo la biodisponibilidad de los minerales.

SAITO y SATO (1988) estudiaron, en ratas en crecimiento, el efecto de la cantidad y tipo de fibra de la dieta, sobre la disponibilidad de minerales, encontrando que la absorción y balance de calcio y magnesio aumentaban al comparar dos dietas control con y sin fibra, de forma que obtenían los siguientes valores (la absorción viene expresada en tanto por ciento, y el balance como mg mineral absorbido. La fibra de la dieta era la celulosa):

	calcio		magnesio	
fibra	absorción	balance	absorción	balance
4%	39,0±2,2	29,4±1,3	51,6±3,8	2,3±0,8
0%	48,0±4,9	39,8±7,0	60,6±2,0	2,4±0,4

También observaron, al comparar una dieta con diferente tipo de fibra (cruda o cocinada) que era consumida por las ratas, que, en el caso de la fibra detergente, el cocinado de la misma afectó

a la diponibilidad del calcio y magnesio, ya que ésta aumentaba; mientras que con la fibra no detergente, el cocinado de la misma no tenía efecto sobre la disponibilidad de estos minerales.

TORRE y col. (1992) ponen de manifiesto que la lignina es un potente captador de iones calcio en solución acuosa y que esta capacidad es mayor al aumentar el pH, así como que el grado en que el calcio es captado por la lignina es proporcional a la concentración de la misma en la solución. Sin embargo, la celulosa y la pectina son cuantitativamente menos activos que la lignina y la adición de más celulosa a soluciones con calcio no modifica la baja capacidad de este polisacárido para captar el calcio.

2.2.5. LIPIDOS

El contenido en grasa de las leguminosas es escaso, pero presentan unas diferencias importantes por su composición en ácidos grasos. Desde el punto de vista cualitativo, tienen gran importancia nutricional ya que son lípidos con un alto contenido en ácidos grasos insaturados, muy importantes en fisiología humana.

Los garbanzos muestran un contenido variable de grasa que oscila entre el 3,8 y el 10,2% según SINGH (1985), siendo los componentes mayoritarios los Triglicéridos y Lecitina. Entre los ácidos grasos, los insaturados constituyen un 67,13%, mientras que los saturados son el 10,42% (CHAVAN y col., 1989); los más

abundantes son el linoléico (50%), oléico (34%) y palmítico (10%); el ácido linolénico apenas tiene importancia siendo su presencia inferior al 3%.

El efecto hipocolesteremiante del garbanzo se considera que es debido a su alto contenido en ácidos grasos esenciales, fundamentalmente linoléico (SINGH, 1985).

2.2.6. VITAMINAS

Las leguminosas son una buena fuente de vitaminas hidrosolubles (Tiamina, Riboflavina, Niacina y Acido Fólico) y liposolubles (Tocoferol). La mayoría de las especies contienen solo una poca cantidad de Caroteno.

CHAVAN y col. (1989) indican que la información acerca del contenido en vitaminas del garbanzo es escasa. Aportan una tabla con dicha composición (Tabla 8).

Tabla 8. Contenido vitamínico de la semilla del garbanzo (mg/100g) (CHAVAN y col., 1989):

VITAMINA	VALORES
Tiamina	0,28 - 0,40
Riboflavina	0,15 - 0,30
Piridoxina	0,55
Acido Asórbico	2,15 - 6,00
Niacina	1,6 - 2,90
Caroteno	0,12
Acido Fólico	0,15

Los garbanzos tienen una cantidad considerable de ácido ascórbico, existiendo una gran variación entre los cultivos. Sin embargo, esta vitamina desaparece tras un largo período de almacenamiento.

En el caso de los garbanzos, parece que los polisacáridos no digeribles y la lignina, reducen la disponibilidad de la vitamina B6, bien debido a las interacciones de tipo físico o bien a la alteración de la viscosidad del bolo intestinal (GREGORY y KIRK, 1981).

El contenido vitamínico de la semilla completa y descascarillada no difiere significativamente (SAINI y KNIGHTS, 1984).

Es importante la variedad y equilibrio de los aportes mineral y vitamínico en la proteinogénesis (WOLFSON y col., 1986), ya que numerosas vitaminas están implicadas en el metabolismo proteico, donde intervienen sobre todo como coenzimas.

2.3. FACTORES ANTINUTRICIONALES

2.3.1. GENERALIDADES

La formulación de pienso para animales monogástricos ha llegado a ser compleja en cuanto que muchas materias primas están

disponibles en el mercado y muchas se incorporan a la comida. Así, usando varias materias primas en una dieta aumenta el riesgo de incluir factores antinutricionales que pueden afectar el valor nutricional del alimento completo.

Los factores antinutricionales pueden causar efectos negativos en el hombre y el animal mediante influencias digestivas y procesos metabólicos y fisiológicos. Estos factores aparecen en muchas semillas potencialmente disponibles para la alimentación humana y animal, como son los granos de cereal (algunas variedades de arroz y triticale) y, sobre todo, en semillas de leguminosa (soja, guisantes, judías, garbanzos)(HUISMAN, 1989; BIRK, 1989).

La evidencia de que un factor antinutricional en particular constituye un riesgo para la salud es a menudo presumible solamente con la verificación de que este daño se ha producido en animales de experimentación que consumen grandes cantidades de un componente y durante un largo período de tiempo; condiciones bastante diferentes del nivel de los factores antinutricionales en una dieta normal variada.

Entre los factores antinutricionales presentes en las semillas de leguminosas se encuentran: Inhibidores de proteasas, Lectinas, Saponinas, Fitatos, Taninos y Alcaloides.

SINGH (1988) realizó una revisión bibliográfica sobre factores antinutricionales en garbanzos, y elaboró la siguiente

tabla (Tabla 9):

Tabla 9. Factores antinutricionales del garbanzo (SINGH, 1988).

CONSTITUYENTE	nºcultivos analizados	valores obtenidos	valores medios
INHIBIDORES DE PROTEASAS:			
Tripsina (unidades/mg)	15	6,7-14,6	10,9
Quimiotrip. (unid./mg)	15	5,7-9,4	7,1
Inhibidor de alfa-amilasa (unidades/gr)	16	0 - 15,0	8,7
OLIGOSACARIDOS (g/100g)			
Rafinosa	16	0,36-1,10	0,52
Estaquiosa	16	0,82-2,10	1,31
Estaquiosa+Verbascosa	4	1,90-3,0	2,41
POLIFENOLES (mg/g):			
Fenoles totales	22	1,55-6,10	3,03
Taninos	5	trazas	
Fitolectinas (unid./g)	1	400	400
Glicósidos (cianógenos)	3	trazas	
Micotoxinas (ppb)	3	trazas-35	18

2.3.2. PRINCIPALES FACTORES ANTINUTRICIONALES PRESENTES EN LEGUMINOSAS

2.3.2.1. INHIBIDORES DE PROTEASAS

Los Inhibidores de Proteasas (IP) son compuestos que tienen la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de ciertos enzimas.

Los IP mejor conocidos presentes en semillas, son aquellos que reaccionan con proteínas como Tripsina y Quimiotripsina, ambas secretadas por el páncreas. Sin embargo, también se conocen inhibidores de sulfidril y metaloproteasas (GUEGUEN y col., 1993).

Los IP están comúnmente presentes en semillas de leguminosas ampliamente consumidas por humanos y animales. En estas semillas, los IP más abundantemente distribuidos pertenecen a las familias de Bowman-Birk, Kunitz e Inhibidor de la Patata. Estos inhibidores están generalmente presentes en varias isoformas, que muestran alta homología de secuencia entre cada familia, por ej., existen 3 isoformas en las alubias (Phaseolus vulgaris, L.). La mayoría de los estudios con estos inhibidores se han llevado a cabo en la semilla de soja y relativamente poco en cultivos de leguminosas europeas (GUEGUEN y col., 1993)

Debido a su efecto antinutricional, ha sido bien estudiada su estabilidad frente a los tratamientos térmicos y la pepsina.

Es bien conocido que los IP son relativamente estables al calor, debido a su rígida estructura y su alto contenido en puentes disulfuro. Solo altas temperaturas son capaces de inactivar estos componentes (GUEGUEN y col., 1993).

Los garbanzos contienen niveles de IP considerablente más altos que otras leguminosas de consumo habitual, pero mucho menores que los de la soja. Así, HETTIAROCHCHY y KANTHA (1982) encontraron, al medir bajo idénticas condiciones experimentales, unos niveles de 33,4 y 1,9 mg de Inhibidor de la Tripsina (TIA) en la soja y el garbanzo respectivamente. LIENER (1976) encontró, en un estudio previo, unos valores de TIA de 1552 y 220 unidades/g para las judías (Phaseolus vulgaris) y garbanzos, respectivamente, y bajo idénticas condiciones experimentales.

Los valores de IP presentes en la bibliografía varían mucho debido presumiblemente a las diferentes técnicas analíticas usadas y a los distintos cultivos evaluados. SING y JANBUNATHAN (1981), estudiando diversos cultivos de garbanzos vieron que los niveles de IP eran mayores en la semilla completa que en las muestras descascarilladas. En este mismo estudio, comprobaron que el TIA de los cultivos *desi* (semilla con cubierta oscura) y *kabuli* (semilla con cubierta clara) variaba considerablemente entre genotipos diferentes, y que la media de los valores de IP eran mayores en los cultivos *desi* que en los *kabuli*. SAINI (1989) mostró claramente que el TIA de los garbanzos crudos de cultivos *desi* australianos alcanzaban valores entre 3,73 y 5,04 mg/g, mientras que en cultivos *kabuli* eran del orden del 2,10 a 3,33

mg/g.

CHAVAN y col. (1989) encontraron unos valores de 0,76 y 0,68 U/g de Inhibidores de la Tripsina y la Quimiotripsina, respectivamente, en el garbanzo.

2.3.2.1.1. Efectos antinutricionales de las dietas con Inhibidores de Proteasas

Le GUEN y BIRK (1993), afirman que la generalización de los efectos de los IP con ó entre especies animales parece difícilmente posible considerando las siguientes fuentes de variación:

- el estado proteico del animal
- la potencial inhibición de un IP dado sobre una especie animal en concreto
- la especie animal por sí misma

Además, debe quedar claro que la mayoría de la literatura existente relativa a los efectos antinutricionales de IP, están basados en experiencias con animales. Así, por ej., BELITZ y col. (1982) vieron que extractos de algunas leguminosas, incluidos los garbanzos, mostraron una inhibición comparable de enzimas Tripsina de humanos y bovinos, mientras que la inhibición de la Quimiotripsina era notablemente superior en humanos que en bovinos.

Los efectos antinutricionales que se han observado son:

a) Sobre el grado de crecimiento

Alimentar animales con dietas que contienen IP puede disminuir el peso diario ganado. Así, por ej., LIENER (1976) ensayó el efecto del TIA de la soja (incluida como único aporte proteico de la dieta, al 10%) sobre las ratas, para lo cual añadió a la soja sometida a autoclave una cantidad de TIA equivalente al que tiene esta leguminosa cruda y vio que con el TIA añadido, no se reducía el nivel de CEC tanto como con la soja cruda, ya que este índice pasaba de 1,4 a 1,9 y 2,7 con el TIA añadido ó natural, respectivamente. Este autor concluyó que solo un 40% aproximadamente, de la actividad depresora del crecimiento puede atribuirse a los TIA.

HASDAI y col. (1989) comprobaron que los cobayas alimentados con una dieta de harina de soja cruda crecían 1,1 g/día y, sin embargo, al ingerir esta dieta tratada térmicamente crecían 3,1 g/día. HERKELMAN y col. (1992) observaron algo parecido en cerdos encontrando una diferencia de un +40% en el crecimiento al comparar una dieta de soja cruda frente a la misma termotratada. Sin embargo, BIRK y SMIRNOFF (1992) vieron que la adición de IP obtenidos del garbanzo a una dieta basada en harina de soja termotratada, no afectó al crecimiento de pollitos, mientras que BIRK (1989) había encontrado en estudios anteriores una disminución, aunque no significativa, en el crecimiento de ratas alimentadas con harina de soja termotratada suplementada con IP de soja.

b) Sobre la utilización nutritiva de la proteína

Los TIA constituyen el primer factor responsable de la baja digestibilidad de las leguminosas cocinadas inadecuadamente (LIENER, 1976).

La incorporación, a una dieta para cerdos, de IP en forma de aislado (PUSZTAI y col, 1992) o de semilla cruda (HERKELMAN col., 1992), puede originar una disminución en la Digestibilidad Aparente de la materia seca, el nitrógeno y los aminoácidos.

SAVAGE y THOMPSON (1993) encontraron una Digestibilidad Verdadera (DV) del 85,9% en garbanzos crudos que pasa a ser del 88,8% en garbanzos cocinados a los que se habían eliminado los TIA en un 84,5%. Así, la DV mejoraba en un 3,6%, mientras que el Valor Biológico (VB) y la Utilización Neta de la Proteina (UNP) lo hacían en un 8,4 y 12,3% respectivamente.

Por su parte, BATTERHAM y col. (1990), trabajando con cerdos, afirman que los TIA de los garbanzos son bien tolerados por animales monogástricos.

c) sobre el páncreas exocrino

La inhibición de proteasas en el intestino podría estimular, mediante un mecanismo de control de "feedback", la secreción enzimática pancreática (LIENER, 1989). Al ser las enzimas pancreáticas ricas en aminoácidos azufrados, esta estimulación

podría representar una pérdida de Metionina y Cisteina para la síntesis de tejidos (Le GUEN y BIRK, 1993).

d) sobre el peso del páncreas:

El peso del páncreas puede aumentar tras la ingesta de IP. Esto ha sido observado frecuentemente en ratas alimentadas con semilla de soja cruda (GRANT y col., 1992). Sin embargo, la adición de IP del garbanzo a una dieta de semilla de soja termotratada no siempre lleva a un agrandamiento del páncreas, contrariamente a lo encontrado por BIRK y SMIRNOFF (1992) en pollos alimentados con semilla de soja cruda. De hecho, aunque los IP del garbanzo son altamente homólogos al inhibidor Bowman-Birk de la soja, los del garbanzo no causan hipertrofia pancreática ni incremento de la síntesis enzimática pancreática como ocurre con los de la soja, bajo similares condiciones experimentales (GERTLER y col. 1967).

e) sobre la actividad de proteasas pancreáticas:

NAIM y col. (1982) vieron en ratas que, tras la ingesta de IP concentrados o de semillas crudas ricas en IP, se incrementaba la actividad de las proteasas pancreáticas Tripsina y Quimiotripsina. Por su parte, NITSAN y LIENER (1979) encontraron menor actividad pancreática en ratas alimentadas con las semillas crudas frente a la harina de soja termotratada.

ASCHE y col. (1989) sugieren que los efectos de los IP sobre

la Digestibilidad y parámetros pancreáticos pueden cambiar según estos IP sean añadidos a una proteína de alta o baja digestibilidad. Puede asumirse que si las proteínas se digieren casi completa y rápidamente en el tramo superior del tracto gastro-intestinal, como ocurre con la Caseína, las consecuencias de una inhibición de las proteasas pueden estar limitadas.

2.3.2.1.2. Efecto anticanceroso

Recientes descubrimientos sobre el papel de los IP en la prevención de la génesis de tumores *in vitro*, sugieren una posible contribución positiva de los IP al valor nutricional de la semilla de leguminosas. De hecho, estudios epidemiológicos han identificado las leguminosas como posibles protectores frente a agentes en la disminución de la aparición del cáncer de colon, próstata y mama entre la población vegetariana (Le GUEN y BIRK, 1993) y, según estudios previos de YAVELOW y col (1983), el responsable de este efecto seria el inhibidor de Bowman-Birk.

2.3.2.2. INHIBIDORES DE LA ALFA-AMILASA

El inhibidor de la alfa-amilasa pancreática está presente en la mayoría de las leguminosas, incluyendo los garbanzos (CHAVAN y col., 1989).

Al ser destruido completamente con la cocción, como veremos, no tiene significado práctico en los garbanzos cocinados correctamente.

2.3.2.3. TANINOS (o polifenoles)

Los Taninos son sustancias solubles en agua y con la capacidad de precipitar proteínas de soluciones acuosas. Así, los taninos tienen un efecto inhibidor sobre tripsina, lipasa y amilasa. Generalmente se clasifican en hidrolizables y condensados; los taninos de las semillas de leguminosas son condensados.

Los Taninos se encuentran en varios alimentos y materias primas para alimentación como son los granos de cereales, semillas de colza y en una gran variedad de semillas de leguminosas (JANSMAN y LONGSTAFF, 1993).

En los garbanzos, los taninos se encuentran fundamentalmente en la cubierta. Así, RAO y DEOSTHALE (1982) observaron que la semilla completa contenía de 78 a 272 mg, mientras que los cotiledones tenían de 16 a 38 mg de taninos por 100 g de muestra. Por tanto, vemos que la mayoría de los taninos se localizan en la cubierta, lo cual es importante en el garbanzo ya que se consume, casi siempre, la semilla completa. Estos autores, al analizar el contenido en taninos de distintas variedades de cuatro leguminosas, entre ellas el garbanzo, observan un coeficiente de variabilidad del 25% dentro de la misma especie. Por otro lado, el contenido en polifenoles también varía en los garbanzos con el color de la cubierta; SINGH (1984) vió, al igual que los autores anteriores, que los cultivos oscuros tenían mayor actividad inhibidora hacia las enzimas digestivas, que los que

tenían la cubierta clara. Sin embargo, PRICE y col. (1980) no encontraron ninguna relación entre el color de la cubierta y el contenido en taninos en distintas variedades de garbanzo.

2.3.2.3.1. Efectos antinutricionales

a) sobre la ingesta

MOLE (1989) propone que, tras la ingestión y masticación de los alimentos, los taninos solubilizados pueden atrapar y precipitar las proteínas salivares. Esto reduciría las propiedades lubrificantes de la saliva, produciéndose en la boca una sensación de sequedad y afectando la capacidad para tragar la comida; según esto, la ingesta se reduciría. Sin embargo, JANSMAN y col. (1993) indican que parece que los taninos reducen la ingesta solo cuando su contenido en la dieta es relativamente alto.

FERNANDEZ y col. (1993), en sus experimentos con habas, ya mencionados anteriormente, observan que las ratas que ingieren esta leguminosa como única fuente de alimento, presentan niveles de ingesta significativamente inferiores al grupo control, siendo estos de 9,4±0,39 y 10,4±0,2 g de materia seca ingerida para el haba y el control, respectivamente. Según estos autores, esto podría deberse, en parte, al contenido en taninos condensados del haba. Al someter esta leguminosa a distintos tratamientos, con aplicación de temperatura, se mejora la ingesta, llegando a superar al grupo control con los tratamientos de remojo en agua

y remojo en ácido, así como con estos remojos seguidos de cocción en agua; concluyendo estos autores que a la mejora de la ingesta puede haber contribuido la parcial eliminación de los taninos con el remojo y el calentamiento.

En la mayoría de los casos se observa un pequeño efecto sobre la ingesta; los efectos de los taninos son incluso menos significativos si el consumo es calculado en base al peso del animal en lugar de alimento ingerido por animal (BUTLER, 1989).

b) Sobre la producción y secreción de proteínas salivares

Los taninos inhiben la actividad de la amilasa y la lipasa (RAO y DEOSTHALE, 1982).

Según MEHANSHO y col. (1992), las ratas, al contrario que los hamster y los ratones, son capaces de mantener un crecimiento adecuado después de consumir dietas con una gran proporción de sorgo rico en taninos. Las ratas responden además, de igual forma, a los taninos hidrolizables pero no a catequinas.

JANSMAN y LONGSTAFF (1993) comprobaron que el consumo de dietas ricas en taninos produce una disminución en la Digestibilidad Aparente de la Prolina, Glicina y Acido Glutámico en particular. Estos aminoácidos parecen ser los principales constituyentes de las proteínas ricas en prolina (PRP) secretadas por las gándulas parótidas. La Digestibilidad Aparente de otros

aminoácidos esenciales fue reducida mucho menos. Estos autores proponen que las ratas son capaces de adaptarse a los taninos de la dieta mediante un incremento en la secreción de proteínas salivares, las cuales atrapan los taninos de la dieta rápidamente tras su ingestión; así, los taninos formando complejo e inactivados pasarían a través del tracto digestivo y se excretarían por heces, evitándose los efectos dañinos antinutricionales de los taninos. No está claro si las glándulas salivares de otras especies animales responden de manera similar a los taninos de la dieta.

c) Sobre la actividad de enzimas digestivas y el páncreas

Cuando los taninos no son efectivos captando proteínas salivares, pueden atrapar a otras proteínas secretadas endógenamente y a nutrientes de la dieta. El bajo pH estomacal parece no ser favorable para las interacciones tanino-proteina. A bajo pH, los complejos tanino-proteína pueden disociarse. Así, los taninos libres pueden alcanzar el duodeno proximal e interferir con la actividad de enzimas digestivas (JANSMAN y LONGSTAFF, 1993). SING (1984) mostró la inhibición de enzimas digestivas *in vitro* por los taninos de garbanzos. Por su parte, LONGSTAFF y McNAB (1991) fueron capaces de demostrar que el mecanismo de inhibición enzimática era debido a la formación de complejos tanino-enzima.

Los taninos pueden interactuar también con las enzimas que

se encuentran en la mucosa con borde en cepillo del tracto digestivo. Así, VILLANUEVA y col. (1987) encontraron que la actividad de la maltasa y la sucrasa estaba disminuida en ratas tras la ingesta de dietas de habas (Vicia faba, L.), lo que se atribuyó a la presencia de polifenoles.

Los taninos se caracterizan por ser inhibidores de enzimas, pero también se ha visto su capacidad para aumentar la actividad enzimática, por ej., HORIGOME y col. (1988) vieron en ratas un incremento en la actividad lipasa tras la ingesta de taninos condensados extraidos de hojas de plantas comestibles, aunque la actividad de la tripsina y la alfa-amilasa estaban disminuidas.

d) Sobre la Digestibilidad Aparente de los nutrientes

Cuando la dieta contiene taninos, al interactuar estos tanto con los componentes de la misma como con otros endógenos, puede verse reducida la Digestibilidad Aparente (DA) de los nutrientes. Así, LONGSTAFF y McNAB (1991) vieron que la administración de habas (Vicia faba, L.) con alto contenido en taninos produce una disminución en la DA de la materia orgánica, proteína, aminoácidos, almidón y lípidos de cerdos y pollos; lo que no ocurría al dar habas con bajo contenido en taninos. Vieron que los efectos más predominantes eran aquellos sobre la digestibilidad de proteína y aminoácidos, lo que puede indicar que, *in vivo*, los taninos tienen mayor afinidad por captar proteínas que otros compuestos como hidratos de carbono y grasas. Estos mismos autores observaron que los efectos de los taninos

de las habas sobre la DA de aminoácidos individuales varía considerablemente. Como se ve en ratas, esto puede ser debido a un incremento en la excreción de una fuente específica de proteína endógena cuando se consumen taninos. Las diferencias en la digestibilidad de aminoácidos pueden ser debidas a un incremento en la excreción de otras fuentes de proteínas endógenas con una composición en aminoácidos distinta a la de las proteínas de la dieta. También puede ser debido a una selectividad en la captación de los taninos sobre ciertas proteínas tanto de origen endógeno como dietético. Esto se relaciona con la opinión de BUTLER (1989) sobre los taninos; este autor indica que los efectos nutricionales de los taninos no son debidos a la disminución en la Digestibilidad de la proteína de la dieta, ya que las enzimas digestivas de animales alimentados con taninos condensados muestran niveles de actividad iguales ó mayores que los obtenidos en animales alimentados con dietas libres de taninos; así, en algunos animales, entre ellos la rata, el incremento del Nitrógeno fecal en respuesta a los taninos, es debido a la proteína endógena más que a la de la dieta. Así, el incremento en la excreción proteica tras el consumo de taninos es por tanto el reflejo del patrón de aminoácidos de la proteína captada por los mismos. Esto ya había sido puesto de manifiesto por GLICK y JOSLYN (1970) en estudios previos realizados en ratas.

Los taninos parecen tener una gran afinidad por las proteínas con una estructura abierta y gran contenido en prolina (JANSMAN y LONGSTAFF, 1993).

SINGH y JAMBUNATHAN (1981b) encuentran una relación inversa ($r=0,872$) altamente significativa ($p<0,01$) entre la digestibilidad proteica *in vitro* y la cantidad total de compuestos polifenólicos de la semilla del garbanzo.

No todos los complejos tanino-proteína deben ser considerados como poco ventajosos. Un trabajo reciente de ALZUETA y col (1992) muestra que cuando las ratas se alimentaban con taninos extraidos de la cáscara de habas, había un incremento de la excreción fecal de nitrógeno pero se disminuía la excreción urinaria del mismo, por lo que el Valor Biológico no cambiaba, lo que sugiere que las ratas hacían uso eficaz de la proteina metabólica.

También se han descrito los efectos antinutricionales de los taninos sobre la digestión del almidón, aunque no se ha aclarado completamente si la disminución de esta digestibilidad es enteramente debida a la inhibición de la alfa-amilasa digestiva y/o la maltasa o si los taninos pueden atrapar al almidón *in vivo* haciéndolo inaccesible al ataque de la alfa-amilasa. DAVIS y HOSENEY (1979) vieron que la cantidad de tanino captado por el almidón *in vivo* variaba con la fuente de tanino y con la especie de almidón.

El efecto de los taninos sobre la digestión lipídica ha sido menos ampliamente descrito y no bien comprendido.

Los taninos también reducen la biodisponibilidad de

vitaminas y minerales (CHAVAN y col., 1989). Así, RAO y PRABHAVATHI (1982) sugieren que los taninos son los responsables de la baja biodisponibilidad del hierro de las leguminosas, de forma que la absorción del hierro de las mismas varía inversamente con su contenido en taninos.

Respecto al efecto sobre los minerales de la dieta, JANSMAN y col. (1993) vieron que los taninos de las habas reducían la biodisponibilidad del hierro y cobre, pero no del calcio, magnesio y zinc en cerdos. Por otro lado, se ha visto que la absorción del hierro se reduce en ratas que consumen bebidas a base de té y cacao ricos en taninos (BROWN y col., 1990). Sin embargo, estos efectos solo parecen tener una importancia nutricional seria cuando el contenido mineral de las dietas es escaso o la proporción entre minerales no es óptima.

GARCIA-LOPEZ y col. (1990), evaluaron la relación entre el contenido en taninos de algunas leguminosas, entre ellas el garbanzo y la absorción del hierro. En la dieta ensayada, se había sustituido un 40-50% del nitrógeno en forma de caseína por garbanzo previamente remojados y cocidos, de forma que contenía 3 mg de taninos (como equivalentes de catequina) y 478 mg de ácido fítico por 100 g de dieta. La retención de hierro de las ratas que consumieron esta dieta era significativamente menor que las que consumían una dieta control de caseína. Estos autores proponen que, además de los taninos, otros componentes de las leguminosas, como los fitatos, pueden contribuir a una baja biodisponibilidad del hierro.

2.3.2.3.2. Efectos sistémicos de los taninos

Según JANSMAN y LONGSTAFF (1993) los taninos condensados, contrariamente a lo que ocurre con los hidrolizables, no parecen causar efectos sistémicos tras su ingestión. Esto se explica por la naturaleza más estable de los taninos condensados; así, nunca se ha observado la degradación intestinal de estos taninos. Estos autores, apuntan también la posibilidad de que, al ser los taninos resistentes a su degradación, podrían reaccionar con las proteínas de la pared intestinal estimulando por tanto la secreción hormonal.

2.3.2.3.3. Efecto sobre el desarrollo animal

De todo lo expuesto hasta ahora se puede concluir que los taninos condensados de las semillas de leguminosas reducen la disponibilidad de los nutrientes para su absorción, por interactuar con los compuestos procedentes tanto de la dieta como secretados endógenamente; esto aumenta la excreción de nutrientes po las heces. Así, dependiendo del contenido de nutrientes esenciales en la dieta y de los requerimientos del animal, los taninos condensados limitan la cantidad de nutrientes disponibles para el anabolismo. El efecto sobre el desarrollo animal (retención de nitrógeno) dependerá del grado en que esté reducida la digestibilidad de aminoácidos esenciales. Las ratas pueden ser menos sensibles a los taninos condensados de la dieta debido a la respuesta adaptativa de las glándulas parótidas que hemos visto anteriormente, y que origina un incremento en la excreción

de aminoácidos no esenciales y limita la excreción de aminoácidos esenciales.

RAO y DEOSTHALE (1982) afirman que los taninos reducen el crecimiento en ratas y pollos y que esto es debido a la reducción de la digestibilidad de la proteína de la dieta y, en menor grado, de los hidratos de carbono disponibles y lípidos.

ELKIN y ROGLER (1990) observaron una disminución en el crecimiento de ratas alimentadas con sorgo rico en taninos y proponen la necesidad de estudiar si otras semillas de leguminosas tienen efectos semejantes sobre animales monogástricos.

JANSMAN y LONGSTAFF (1993) afirman que los efectos antinutritivos de los taninos condensados de semillas de leguminosas en dietas para animales monogástricos, dependen del nivel de estos taninos en la dieta. Así, la Digestibilidad Aparente de aminoácidos parece ser lineal con este nivel. PRICE y col. (1980) afirman que no ha sido establecida la cantidad mínima de taninos en la dieta necesaria para llevar a un crecimiento negativo. Este autor encontró un crecimiento negativo en ratas al consumir taninos, pero el nivel de proteína de la dieta era bajo. Esto corrobora un estudio previo realizado por GLICK y JOSLYN (1970a) en el que encontraron una severa disminución en el crecimiento de ratas que consumieron ácido tánico al 4% en una dieta escasa en proteínas y, sin embargo, cuando la proteína estaba alta (40% caseína), aunque el contenido

de ácido tánico fuera del 5%, no había disminución en el crecimiento. También comprobaron que, al aumentar la edad y/o el peso de las ratas, toleraban estas mejor el ácido tánico de la dieta.

BUTLER (1989) indica que el incremento de peso y el Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC) de las ratas se ve disminuido por la ingesta de semillas de sorgo o alubias con un 1-3% de taninos. En general, la inclusión de semillas de leguminosas en la dieta, proporciona bajos niveles de taninos condensados, que unido al contenido relativamente alto en proteína de estas semillas, estos antinutritivos no causarían efectos negativos dramáticos sobre el desarrollo del animal, siempre y cuando el contenido en la dieta no exceda de 0,3% de equivalentes catequina.

2.3.2.4. ALFA-GALACTOSIDOS

Los oligosacáridos de la familia de la Rafinosa son alfa-galactósidos, de los cuales en los garbanzos se encuentran: rafinosa, estaquiosa y verbascosa; aunque también se han encontrado maninotriosa, un alfa-galactósido no perteneciente a la familia de la rafinosa (AMAN, 1979). Sin embargo, VIDAL y col. (1993) no encontraron verbascosa ni maninotriosa al analizar una variedad de garbanzo obtenida en el comercio y muy similar a la utilizada por nosotros para la realización de este estudio.

La estaquiosa, verbascosa y rafinosa contribuyen a la

flatulencia en el hombre y animales. Algunos autores achacan la producción de flato a los oligosacáridos rafinosa y estaquiosa principalmente (SINGH y col., 1982). La flatulencia se caracteriza por la producción de elevadas cantidades de dióxido de carbono, hidrógeno y pequeñas cantidades de gas metano. La formación de gas es debida a la fermentación anaeróbica de alimento sin digerir, por los microorganismos intestinales. En particular, los sistemas digestivos de mamíferos carecen de la enzima alfa-galactosidasa que rompe los enlaces alfa-1-6 entre moléculas de galactosa de los alfa-galactósidos. Los alfa-galactósidos son, por tanto, un factor limitante para la utilización de las leguminosas en las dietas para monogástricos.

SAVITRI y DESIKACHAR (1985) midieron en ratas albinas la producción de flato, seguida de un patrón similar al contenido de alfa-galactósidos de algunas leguminosas, entre ellas el garbanzo, encontrando que la producción de flato fue mayor en el garbanzo que en otras leguminosas, lo que puede deberse a su alto contenido en oligosacáridos productores de flatulencia. Estos autores encontraron diferencias notables en el contenido de estos azúcares entre los diferentes cultivos de garbanzos, dando unos valores que recoge SINGH (1988) en la tabla 9, dada anteriormente. Este estudio también reseña la gran variación en el contenido de la combinación estaquiosa-verbascosa de estos cultivos.

SINGH y col. (1982) señalan en un estudio anterior que la estaquiosa y rafinosa constituyen sobre un 37% de los azúcares

solubles en el garbanzo. Así, aunque los oligosacáridos forman parte de los azúcares solubles en agua, es muy difícil predecir sus niveles en base al contenido total de azúcares solubles de la semilla. Estos autores no indican ninguna relación entre los azúcares totales y los niveles de oligosacáridos.

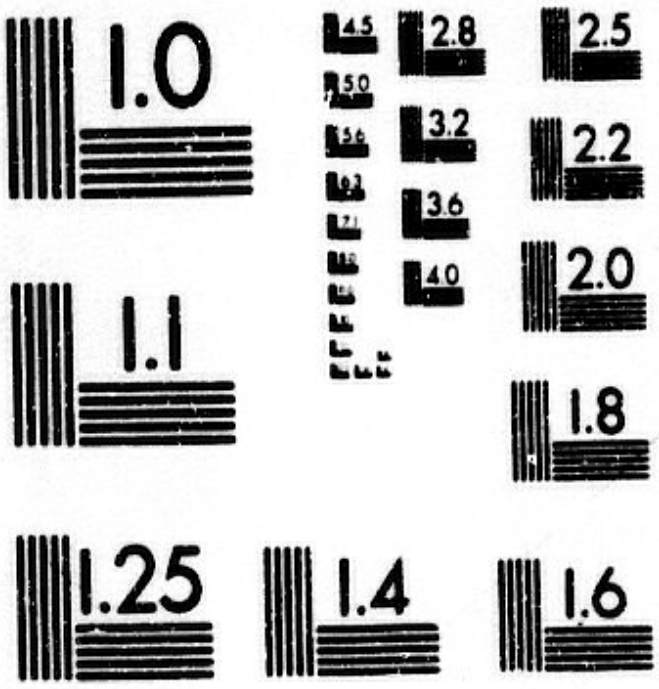
2.3.2.5. ACIDO FITICO

El ácido fítico es el mioinositol 1,2,3,4,5,6-hexakisdihidrógeno fosfato. Esta molécula está cargada con seis grupos fosfato, que se extienden desde la estructura anillada central del inositol y, por lo tanto, es un agente quelante de iones minerales.

Este ácido tiene la capacidad de formar complejos insolubles con cationes polivalentes como el zinc, cobre, hierro, calcio, etc., que precipitan en el lumen intestinal llegando a ser no disponibles para el organismo. También pueden formar con las proteínas complejos que son muy resistentes a la digestión proteolítica; reduciendo la ya baja Digestibilidad de las proteínas de leguminosas. Se sabe que estos complejos pueden formarse a pH alcalino y ácido.

El ácido fítico y sus sales son las principales reservas de fosfato de las plantas, y no es digerible por los humanos.

El ácido fítico es bastante estable a los tratamientos térmicos.



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

solubles en el garbanzo. Así, aunque los oligosacáridos forman parte de los azúcares solubles en agua, es muy difícil predecir sus niveles en base al contenido total de azúcares solubles de la semilla. Estos autores no indican ninguna relación entre los azúcares totales y los niveles de oligosacáridos.

2.3.2.5. ACIDO FITICO

El ácido fítico es el mioinositol 1,2,3,4,5,6-hexakisdihidrógeno fosfato. Esta molécula está cargada con seis grupos fosfato, que se extienden desde la estructura anillada central del inositol y, por lo tanto, es un agente quelante de iones minerales.

Este ácido tiene la capacidad de formar complejos insolubles con cationes polivalentes como el zinc, cobre, hierro, calcio, etc., que precipitan en el lumen intestinal llegando a ser no disponibles para el organismo. También pueden formar con las proteínas complejos que son muy resistentes a la digestión proteolítica; reduciendo la ya baja Digestibilidad de las proteínas de leguminosas. Se sabe que estos complejos pueden formarse a pH alcalino y ácido.

El ácido fítico y sus sales son las principales reservas de fosfato de las plantas, y no es digerible por los humanos.

El ácido fítico es bastante estable a los tratamientos térmicos.

2.3.2.6. LECTINAS

Las Lectinas (del latín *legere* = seleccionar, captar) o Hemaglutininas, como su propio nombre indica, pueden ser caracterizadas e incluso detectadas por su acción sobre los glóbulos rojos sanguíneos, aunque pueden aglutinar otras células. Las Lectinas poseen una afinidad específica por ciertos hidratos de carbono residuales y azúcares que forman parte de la estructura de la mayoría de las membranas celulares animales; las lectinas pueden captar receptores específicos.

Aunque sus propiedades físico-químicas y estructurales se han estudiado detalladamente, el papel de las lectinas en la planta es incierto, ya que, en ensayos con animales, se ha demostrado que, con frecuencia, su toxicidad no corre paralela a su actividad hemaglutinante (BELITZ y GROSCH, 1984). Parecen influenciar muchos aspectos del metabolismo celular (GRANT y Van DRIESSCHE, 1993). Las lectinas de la dieta pueden sobrevivir en el lumen intestinal en una forma intacta y reactiva, fijando células del epitelio intestinal y pasando a circulación sistémica. La unión de la lectina a la superficie de la membrana con borde en cepillo de la mucosa intestinal es capaz de producir profundos efectos fisiológicos en estas células, por lo que la capacidad de las mismas para absorber los nutrientes del intestino puede estar dañada, causando una deplección de reservas corporales de lípidos, glucógeno y proteina, lo que lleva a una rápida pérdida de peso, disminución en el crecimiento e incluso la muerte (GUEGUEN y col., 1993).

Las lectinas se encuentran en la mayoría, si no en todas, las leguminosas, pudiendo llegar a constituir hasta un 20% del contenido protéico (GRANT y Van DRIESSCHE, 1993). Sin embargo, su especificidad para ligar hidratos de carbono y la concentración a la que se expresan, varía entre las especies; así, se clasifican en base a su interacción específica con los hidratos de carbono. En algunas semillas de leguminosa las lectinas son consideradas como uno de los factores antinutricionales más nocivos presentes. La respuesta de los animales a las lectinas de la dieta puede cambiar con la edad y las especies, por tanto, todas las especies de lectinas de leguminosas han de ser consideradas como potencialmente dañinas y ser inactivadas mediante tratamientos apropiados antes de su consumo, a menos que se haya establecido que no tenga efecto adverso sobre la especie animal en cuestión.

GRANT y col. (1983) realizaron en células sanguíneas humanas un estudio sobre las propiedades hemaglutinantes de varias semillas de leguminosas, concluyendo que el garbanzo tiene una baja actividad, llegando a estar por debajo de los niveles tóxicos, siendo sus niveles de Lectinas igual a 400 unidades/g muestra, lo que coincide con el valor indicado por SINGH (1988).

CONTRERAS y TAGLE (1974) encontraron que había algo de actividad aglutinante en el garbanzo, usando eritrocitos de vaca. Estos resultados contradicen las observaciones hechas por LIENER (1976) según las cuales, el garbanzo no tiene actividad hemaglutinante.

Las lectinas se encuentran entre los factores antinutricionales que se inactivan por cocinado (GUEGUEN y col., 1993).

2.3.2.7. PROTEINAS ANTIGENICAS Y/O ALERGENICAS

Las proteínas antigénicas y/o alergénicas tienen la capacidad de activar el sistema inmune, lo que parece estar directamente relacionado con una digestión poco óptima de estas proteínas, aumentando los requerimientos basales y las pérdidas de proteína endógena (GUEGUEN y col., 1993). Esto explica la importancia y el creciente interés en las proteínas antigénicas.

En las leguminosas, la mayoría de los estudios se han realizado en las proteínas de la semilla de soja (GUEGUEN y col., 1993), en las que se han detectado varios polipéptidos con propiedades antigénicas. Los efectos de estas proteínas antigénicas de la soja en animales jóvenes, especialmente terneros y lechones, consisten en problemas de diarrea y cambios en la función secretora de la motilidad gastrointestinal.

2.3.2.8. GLICOSIDOS

Los glicósidos cianogenéticos se encuentran en el Haba de Lima (Phaseolus lunatus) y algún otro alimento vegetal.

La degradación de los glucósidos cianogenéticos se inicia por la beta-glucosidasa, que en las células se encuentra separada

de su sustrato. Una vez que la estructura celular se ha desorganizado por trituración de la semilla, el enzima y el sustrato entran en contacto y comienza la degradación del glucósido con formación de cianhídrico, el cual se elimina por calentamiento. Así, las semillas se humedecen y trituran con el fin de detoxificarlas.

PAK y BARJA (1974) encontraron en el garbanzo glicósidos a partir de los cuales se libera cianhídrico (HCN) por hidrólisis, aunque no eran niveles tóxicos.

Según BELITZ y GROSCH (1984), los garbanzos contienen una cantidad de cianhídrico, en forma de glucósido, de 0,8 mg/100g.

2.3.2.9. MICOTOXINAS

DEOSTHALE y GUPTA (1980) detectaron micotoxinas en el garbanzo, aunque no encontraron grandes diferencias entre los cultivos *desi* y *kabuli*.

Diversos estudios indican que los niveles de aflatoxinas aumentan con el almacenamiento (SINGH, 1988).

2.3.2.10. SAPONINAS

FENWICH y DAKFALL (1983) afirman que, aunque el papel nutricional de las saponinas aún no está aclarado, las plantas alimenticias más ricas en ellas son los garbanzos y la soja, y

estos compuestos no se destruyen mediante procesados o cocción.

2.4. PROCESOS TECNOLOGICOS

2.4.1. INTRODUCCION

La palatabilidad, digestibilidad y eficacia metabólica, dependen no solo de la calidad de la materia prima alimentaria, sino también de los procesos tecnológicos de elaboración a que se ve sometido el alimento antes de ser ingerido, por lo que estos son un factor muy importante a tener en cuenta para lograr una utilización óptima de los alimentos, y cuyo control es necesario para aprovechar al máximo sus calidades y cualidades nutritivas.

El término "proceso" abarca un enorme campo de tratamientos diferentes, llevados a cabo para distintos fines:

- proteger y conservar los alimentos
- destruir microorganismos
- inactivar enzimas
- destruir inhibidores y sustancias tóxicas
- facilitar la utilización digestiva y/o metabólica de los nutrientes
- mantener o mejorar las propiedades organolépticas
- conseguir unas propiedades físicas y características estéticas más deseables

Sin embargo, el conseguir estos objetivos primarios, lleva a menudo una serie de efectos secundarios que influyen adversamente en las propiedades del producto aunque en diferente extensión. Si bien el hecho de someter un alimento a un determinado tratamiento es siempre con vistas a mejorar su calidad para el fin que se persiga, hay procesos que directamente mejoran el valor nutritivo, siendo estos sobre todo, los que destruyen factores antinutritivos o tóxicos; un ejemplo claro es el efecto beneficioso que ejerce el calor sobre las legumbres que, en estado crudo, contienen, como hemos visto, numerosas toxinas y sustancias que inhiben enzimas digestivas.

Los métodos tradicionales de procesado de leguminosas en grano no solo eliminan las sustancias tóxicas y los factores antinutricionales sino que también mejoran la palatabilidad y digestibilidad (SAVAGE y THOMPSON, 1993). Sin embargo, hay pocos experimentos en que se hayan procesado las semillas de manera semejante a como se hace en los hogares.

La eliminación o inactivación de factores antinutricionales es considerada importante particularmente si estos están presentes en niveles altos. En los productos crudos en los que los niveles son relativamente bajos, los beneficios que se obtienen con el procesado de los mismos no siempre son aparente.

La eficacia del procesado depende del total conocimiento tanto del producto (semilla y factores antinutricionales) como de los procesos tecnológicos. La distribución de los

antinutritivos en la semilla puede tener importantes aplicaciones para el procesado; la eliminación de una fracción y/o el tratamiento por separado de una fracción con la mayor concentración de factores antinutricionales puede contribuir significativamente a mejorar el valor nutritivo, por ejemplo, los taninos se localizan en la corteza de las habas (Vicia faba) y judías (Phaseolus vulgaris). Así, es importante localizar el factor antinutritivo en la semilla para elegir el proceso adecuado.

Debido al complejo comportamiento de los factores antinutricionales con la semilla de la que proceden y a la gran variabilidad y flexibilidad de los procedimientos, existe una gran demanda de optimización de la calidad de estos.

El extremar las condiciones de los procesos (generalmente un sobrecalentamiento por temperatura demasiado alta o por demasiado tiempo) puede ser especialmente dañino para las proteínas y quedar, además, una posible actividad residual de los factores antinutricionales (particularmente lectinas e inhibidores de proteasas) que bien no puede ser detectada, o bien no puede ser siempre usada para valorar la calidad de la proteína. Debido a la estructura inherente de proteínas asociadas e hidratos de carbono de las leguminosas, deben estudiarse también otros factores. Por otra parte, la reactividad y disponibilidad de aminoácidos, así como la digestión *in vivo* de la proteína, pueden cambiar en grados diferentes durante el proceso. Entonces, la mejor manera de valorar la efectividad del

proceso es a través de los test *in vivo*, que miden la respuesta animal a la ingesta de una dieta que contiene los productos procesados.

2.4.2. PRINCIPALES TECNICAS

Los tratamientos se clasifican fundamentalmente en físicos y químicos, y estos últimos se dividen a su vez en mecánicos y térmicos:

Tratamientos: * Químicos
* Físicos: - mecánicos
- térmicos

2.4.2.1. TRATAMIENTOS QUIMICOS

Ha de ser probada la ausencia de toxicidad de los reactivos así como el aumento o disminución del valor biológico de los componentes proteicos de la semilla.

2.4.2.2. TRATAMIENTOS FISICOS

Dentro de los tratamientos físicos destacan:

2.4.2.2.1. Tratamientos mecánicos

a) Descascarillado

Es uno de los procesos que se realizan tradicionalmente en

Asia y Africa.

El descascarillado generalmente aumenta la calidad proteica de aquellas leguminosas en que existen altos niveles de taninos y fibras ricas en ligninas en la cubierta. Este tratamiento se ha indicado durante nucho tiempo para las habas (Vicia faba) y garbanzos. El nivel medio de los taninos residuales en el producto descorticado es aproximadamente un tercio del inicial (MELCION y Van Der POEL, 1993).

b) Separación por aire

La clasificación por aire es una técnica para la separación en seco de partículas de acuerdo con su tamaño, forma y densidad.

Así, los granos de leguminosas pueden ser fraccionados con éxito en las fracciones ricas en proteína y ricas en almidón, mediante este método. En el caso de los garbanzos, los Inhibidores de la Tripsina y Hemaglutininas están concentrados en la fracción minúscula.

2.4.2.2.2. Tratamientos térmicos

a) Remojo y Cocción

Está claro que el valor nutritivo de la proteína de las leguminosas mejora mediante los tratamientos térmicos; esto es debido a la desnaturalización de los factores antinutricionales

proteináceos. Sin embargo, la eficacia del tratamiento térmico sobre estos factores y el valor nutritivo de la semilla de las leguminosas depende de la combinación del tamaño de partícula, temperatura del proceso, tiempo de calentamiento, contenido inicial de humedad e incluso la cantidad de agua añadida durante el calentamiento (MELCION y Van Der POEL, 1993).

El remojo es una fase preliminar común a casi todos los métodos de preparación de las legumbres. Se practica para ayudar a quitar las pieles, para humedecer y ablandar las semillas y así, abreviar el tiempo de cocción (MATAIX y SALIDO, 1984).

Durante el remojo se produce una hidratación de las semillas con el consiguiente aumento de su humedad y disminución porcentual del contenido en nutrientes. Básicamente se produce una difusión de los componentes solubles hacia la solución, por lo que una retirada de los líquidos de remojo puede modificar el contenido original de la leguminosa.

Han sido numerosas las investigaciones que se han llevado a cabo en el pasado sobre la cocción aunque, desgraciadamente, estos estudios no han sido muy sistemáticos. La cocción con agua es probablemente el proceso más antiguo a que son sometidas las legumbres. Se realiza para obtener un producto comestible tierno, para desarrollar el aroma e inactivar los factores antinutricionales. Puede llevarse a cabo a temperatura y presión atmosférica ambientales, o a temperatura y presión más elevada (autoclave).

El remojo previo a la cocción o el calentamiento puede mejorar la extracción y reducir el nivel de compuestos solubles o dispersables en agua (lectinas, fitatos, oligosacáridos, etc.). El grado en que se eliminan depende de la temperatura de remojo, tiempo medio utilizado, etc. Las sales y los álcalis ayudan a eliminar los compuestos solubles al medio por mejorar la permeabilidad de las membranas celulares. Sin embargo, la eliminación de compuestos indeseables se acompaña también de alguna pérdida de nutrientes deseables como son las proteínas, minerales y vitaminas solubles (MELCION y Van Der POEL, 1993).

En ocasiones, y con el fin de acortar el tiempo de cocción posterior, se ha ensayado el efecto de añadir al medio de remojo sustancias ácidas o básicas. Así, CHAVAN y col. (1983) pusieron en remojo algunas variedades de leguminosas, entre ellas el garbanzo, utilizando soluciones acuosas de bicarbonato sódico (a diferentes concentraciones) y ácido cítrico + bicarbonato (al 0,75%) durante 12 horas y a 25ºC. Estos autores obtienen reducciones del tiempo de cocinado del 40-50% de las leguminosas tratadas con solución alcalina frente a los obtenidos con el remojo en agua destilada.

b) vapor a presión atmosférica

Se consigue una reducción de los Inhibidores de la Tripsina sin una marcada pérdida de proteína ni lisina disponible *in vitro* (JANSEN y FRIEDRICH, 1985).

c) vapor a presión

Se utiliza el autoclave.

Si se definen claramente el tiempo, la presión y la temperatura, este método puede ayudar a interpretar los mecanismos de desnaturalización de los factores antinutricionales y se puede usar para identificar su termosensibilidad.

d) radiaciones

Industrialmente se usa la micronización, que calienta la semilla internamente.

Se ha aplicado con éxito para inactivar los Inhibidores de la Tripsina de algunas leguminosas (JANSEN y FRIEDRICH, 1985).

e) tostado seco

Consiste en transferir calor seco a la semilla por conducción o convección y radiaciones calientes.

2.4.3. EFECTO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL

La repercusión del calor sobre los alimentos es quizá el factor más ampliamente estudiado y sobre sus efectos influyen, a su vez, cantidad de circunstancias adicionales, como son el tipo de proteína utilizada, las condiciones físicas (por ejemplo,

el tamaño) en que se encuentra y la presencia o no de otros constituyentes.

Una buena elaboración en el caso de las legumbres es probablemente más importante que en cualquier otro tipo de alimento; la elaboración no solo mejora la palatabilidad de las leguminosas sino que también puede aumentar los nutrientes disponibles para el organismo (MATAIX y SALIDO, 1984). Sin embargo, hay que tener en cuenta que las condiciones necesarias para lograr la máxima palatabilidad del alimento, no siempre son las mismas que las óptimas para conseguir una retención máxima de nutrientes.

CHAVAN y col. (1983), en un trabajo ya mencionado anteriormente, pusieron en remojo (proporción 1:3) semillas de garbanzo separadamente en agua destilada, solución de bicarbonato (a distintas concentraciones) o en una solución neutra (pH=6,8) durante 12 horas, a 25°C. Posteriormente realizaron una cocción en agua (proporción 1:4) en olla sin tapar. Consiguieron, con el remojo, una reducción del tiempo de cocinado de las muestras resultantes hasta un máximo del 60%; pero obtuvieron una pérdida de sólidos en los líquidos de remojo y cocción, de forma que, si se elimina el agua de cocción, las pérdidas de proteina eran del orden del 1 al 2,5% y las cenizas de las muestras cocinadas se reducían en un 50%. Las semillas remojadas en solución neutra pierden más minerales en los líquidos de cocción, mientras que en la solución de bicarbonato, al ser alcalina, puede destruir los complejos vitamínicos B y aminoácidos, durante el procesado.

ROCKLAND y RADKE (1981) afirman que se requiere la cocción para maximizar la calidad nutricional del garbanzo.

2.4.3.1. Efecto sobre la proteína

La mayoría de las investigaciones realizadas con el fin de determinar la estabilidad de las proteínas durante los distintos procesos, así como los factores que afectan las reacciones que allí ocurren, se han llevado a cabo con sistemas modelo e incluso utilizando materiales relativamente puros. Como consecuencia, en la bibliografía se encuentran, a veces, ciertas discrepancias entre los resultados de los diferentes autores, que muy bien pueden ser debidas a que las materias alimenticias son muy distintas y a que diversas fuentes proteicas reaccionan de un modo desigual frente a estos factores; los aminoácidos más frecuentemente afectados variarán, pues, con el alimento y las condiciones.

Mediante los tratamientos térmicos se puede conseguir una gran reducción de factores antinutricionales, como por ejemplo los Inhibidores de Proteasas, pero hay que tener en cuenta que el calentamiento excesivo reduce el valor nutritivo de la proteína de las leguminosas. La deficiencia en aminoácidos esenciales en la dieta puede surgir de un tratamiento con excesivas temperaturas sobre la proteína alimentaria. Por ejemplo, bajo estas condiciones, las proteínas se hacen más resistentes a la digestión debido a uniones peptídicas ocurridas entre las cadenas laterales de la lisina y ácidos dicarboxílicos

(COCKERELL y col., 1972). Esta deficiencia en aminoácidos puede provenir también del tratamiento químico de las proteínas alimentarias con ácidos o álcalis, debido a la pérdida de triptófano y lisina/cisteina libres, respectivamente (KIES, 1981). Así, se ha comprobado el daño nutricional que sufre la metionina, principal aminoácido esencial limitante de las leguminosas, con el calentamiento. También son significativas las pérdidas de metionina durante la cocción húmeda (RAO, 1973). Por tanto, es importante establecer las condiciones óptimas de calentamiento para conseguir las máximas ventajas nutricionales al cocinar las legumbres.

GEERVANI y THEOPHILUS (1980) estudian los efectos de los procesos sobre la proteína del garbanzo y aportan valores para aminoácidos concretos, que se recogen en la Tabla 10.

Tabla 10. Efecto de los métodos de cocinado sobre el contenido en aminoácidos del garbanzo (GEERVANI y THEOPHILUS, 1980)

METODO	Metionina	Cisteina	Treonina	Triptóf.	Lisina
Crudo	1,34	0,68	3,50	1,28	6,84
Cocción	1,05	0,63	3,38	1,19	6,30
Tostado	1,08	0,50	3,26	1,10	6,20

Estos autores observaron en garbanzos que el calor húmedo favorece la calidad de la proteína en mayores proporciones que el seco. También observaron que la lisina utilizable era menor

en las leguminosas tostadas que en las cocinadas a presión atmosférica o a presión elevada, pero no se encontraron diferencias entre ambos métodos para la metionina utilizable. Estos mismos autores comprobaron que la germinación no presenta ventajas sobre el tratamiento con calor húmedo a la hora de mejorar la calidad biológica de la proteina, mientras que la cocción aumenta considerablemente el Coeficiente de Eficacia en Crecimiento de los garbanzos germinados y sin germinar.

Según RAO (1973) el tiempo y la temperatura de cocinado no debe exceder de 10 minutos y 120ºC para el garbanzo.

KOWSALYA y col. (1980) vieron también en el garbanzo que el asado (100-110ºC durante 5 minutos) y el autoclave (20 minutos) daban índices semejantes de calidad proteica; pero el asado en condiciones más extremas (130-135ºC durante 30 minutos) origina una disminución en la disponibildad de la lisina del orden de un 12-15% y una disminución de la digestibilidad en un 15-28%.

SAVAGE y THOMPSON (1993) encontraron un incremento en el contenido proteico de los garbanzos cocinados (21,5%) con respecto a los crudos (18,7%), que piensan puede ser debido a las pérdidas de los hidratos de carbono solubles de las semillas en el agua de cocción. Además, en sus experiencias, en las que el garbanzo era la única fuente proteica (8% proteína) de una dieta balanceada, la cocción mejoró significativamente la Digestibilidad verdadera (de 85,9 ± 1,47 a 88,8 ± 0,52; porcentaje de cambio = 3,6%), el Valor Biológico (de 64,8 ± 0,77

a 70,3 ±1,77; 8,4% de mejora) y la Utilización Neta de la Proteína (de 55,6 ±0,76 a 62,4 ±1,89; 12,3% de mejora). Por tanto, se mejoró el valor completo de la proteína del garbanzo.

ESTEVEZ y col. (1991), trabajando con varias leguminosas, comprobaron que, al someterlas a un remojo alcalino (solución de Na_2EDTA al 0,03%) durante 16 horas y a temperatura ambiente, seguido de cocción (40 minutos en el caso de los garbanzos), se mejoraba realmente la Digestibilidad proteica, lo cual, unido a la disminución de algunos componentes no deseables (TIA y ácido fítico) consiguieron unos productos de gran calidad proteica. El garbanzo, en concreto, resaltó por sus buenas cualidades para el procesado así como por la alta digestibilidad y calidad proteica alcanzadas, ya que la Digestibilidad *in vitro* pasó a ser de 54,9 a 94,9% en los garbanzos crudos y procesados, respectivamente.

RAO y col. (1964) observaron que la cocción a presión durante 15 minutos de los garbanzos crudos mejoraba el CEC, pasando de 1,3 a 2,4.

2.4.3.2. Efecto sobre los hidratos de carbono disponibles

JOOD y col. (1986) estudiaron el efecto del procesado sobre los hidratos de carbono disponibles de varias leguminosas, entre las que se incluye el garbanzo. Las muestras fueron **remojadas** (de 6 a 12 horas) en agua y agua más solución de bicarbonato sódico (CO_3HNa) al 0,03% y posteriormente **cocinadas** en agua (eliminando

previamente el agua de remojo) y sometidas a autoclave. Obtuvieron los siguientes resultados: el remojo de las semillas durante 6 horas disminuyó significativamente ($p<0,05$) la cantidad de hidratos de carbono disponibles y, si se aumentaba el tiempo de remojo hasta 12 horas, el grado de disminución de estos hidratos de carbono era más pronunciado en todas las leguminosas. Si el remojo es en solución de bicarbonato sódico, el grado de disminución es significativamente mayor que en el agua. La pérdida de hidratos de carbono disponibles con el remojo es debido a la solubilidad de los mismos. Cuando el remojo es seguido de cocción, la pérdida de estos azúcares es significativamente mayor que con el remojo solo. Esto se basa en el hecho de que con la temperatura se aumenta la solubilidad de estos azúcares. Cuando JOOD y col. somenten las leguminosas al remojo durante 12 horas seguido de autoclave, las pérdidas de hidratos de carbono son mayores que en cualquier otro caso.

VIDAL y col. (1993) realizaron un estudio, ya mencionado anteriormente, sobre el efecto del remojo y el cocinado a presión normal y elevada sobre una variedad de garbanzo. Estos autores encontraron que el remojo (durante 12 horas, en agua bidestilada) seguido de cocción a presión normal, disminuía el contenido de azúcares solubles totales en un 32% (pasando de 8,15 a 5,53 g/100 g materia seca); siendo esta disminución ligeramente mayor en los azúcares no alfa-galactósidos (fructosa y sacarosa), ya que era de un 38%. Estos autores, al igual que JOOD y col. (1986), explican estas pérdidas en base a la solubilización de los hidratos de carbono en el agua durante el remojo y la cocción;

sin embargo, aclaran que, al ser eliminados también otros nutrientes solubles en agua, las pérdidas reales de azúcares solubles serían incluso más altas que los porcentajes dados anteriormente. Al comparar el cambio en la composición de hidratos de carbono totales resultantes de la cocción a presión normal y a presión elevada, comprobaron que existía poca diferencia, ya que a presión elevada el porcentaje de pérdida era del 35% (pasaban de 8,15 a 5,35 g/100 g de materia seca).

Los resultados de los autores anteriores son semejantes a los obtenidos previamente por IYER y col. (1980) pero son contradictorios con los obtenidos por RAO y BELAVADY (1978) que obtuvieron un aumento significativo en los hidratos de carbono tras la cocción. La diferencia entre los resultados expuestos es debida a que RAO y BELAVADY no desechaban el agua de cocción al hacer las medidas y los demás autores sí.

GEERVANI y THEOPHILUS (1980) evaluaron la Digestibilidad *in vivo* de los hidratos de carbono de varias leguminosas, observando que el procesado (cocción, cocción a presión y tostado) no mejora esta digestibilidad. Aportan la siguiente tabla (Tabla 11):

Tabla 11. Efecto del procesado sobre la digestibilidad *in vivo* de los hidratos de carbono de la semilla completa del garbanzo (GEERVANI y THEOPHILUS, 1980).

PROCESO	DIGESTIBILIDAD (%)
Garbanzo crudo	93,8
Cocción	87,5
Germinación (24h)	87,5

Estos autores afirman también que no existe correlación entre la digestibilidad de los hidratos de carbono *in vivo* e *in vitro*.

JAYA y VENKATAMARAN (1981), comprobaron que la germinación durante 48 horas mejora la digestibilidad de hidratos de carbono, mientras que la germinación por un tiempo inferior a este, no tiene ningún efecto sobre ellos.

Como ya hemos mencionado anteriormente, las respuestas glucémica y hormonal seguidas a la ingestión de legumbres secas son generalmente bajas, debido al bajo grado de amilosis que presentan estos productos. Sin embargo, el procesado tiene efectos negativos sobre esta propiedad beneficiosa, de forma que los cambios originados por los procesos, incrementando la accesibilidad física del almidón a las enzimas amilóticas puede tener importancia a la hora de aumentar la respuesta metabólica, aunque los productos gelatinizados pueden ser diferentes según

el método de procesado (ASP, 1988). Así, TOVAR y col. (1992), estudiando el efecto de varias formas de procesado de las alubias (Phaseolus vulgaris) sobre la respuesta metabólica que estas producen, comprobaron que no hay una diferencia evidente entre la cocción y el autoclave; sin embargo, si existen más cambios en la integridad de la pared celular con la cocción a presión de las semillas, lo que aumenta la accesibilidad del almidón.

2.4.3.3. Efecto sobre las vitaminas

LIN y col. (1975) estudiaron el efecto del **remojo** sobre distintas variedades de garbanzos y vieron que se retiene un 95,4% de vitaminas del grupo B tras el mismo. Un factor importante de estas pérdidas parece ser la temperatura, ya que cuando el agua está a 50ºC las pérdidas son pequeñas, mientras que si se realiza a temperatura > 60ºC, la disminución de peso se incrementa de 1/4 a 1/3. Esto se atribuye a la modificación de la permeabilidad de la membrana celular, que tiene lugar al aumentar la temperatura y que facilita la difusión de nutrientes (VIDAL y RECHE, 1989). Así, el **remojo con temperatura** tiene un claro efecto adverso sobre las cualidades nutritivas de las leguminosas.

Cuando los garbanzos se someten al blanqueado con agua y vapor, la retención de ácido fólico es mayor que en el caso del vapor de agua (78,1%), y que en el caso del agua (74,9%), a igualdad de tiempos. Se confirma así, que las pérdidas de vitaminas son mayores cuando el blanqueado se realiza con agua

que cuando se hace con vapor (VIDAL y RECHE, 1989).

La adición de bicarbonato sódico al agua de remojo reduce el tiempo de cocción en un tercio aproximadamente y no provoca pérdidas grandes de nutrientes. Se sabe que esta técnica provoca pérdidas de Tiamina y Vitamina C; según MATAIX y SALIDO (1984) sería preferible usar agua blanda, cuando la hubiera, y el uso de olla a presión.

La mayoría de los autores han observado que las mayores pérdidas de vitaminas tienen lugar durante el proceso de cocción y que hay que achacar esto a las altas temperaturas y al tiempo de calentamiento; estas reducciones van a depender del tiempo que dura la cocción así como de la cantidad de agua usada, ya que ésta última indudablemente influye en la cantidad de vitaminas eliminadas (VIDAL y RECHE, 1989). ABDEL-HAMID (1983), en un estudio realizado con garbanzos, señala que el contenido en vitaminas decrece cuando aumenta el tiempo de cocción. Así, según este autor, es preferible cocinar los garbanzos en un autoclave a 121ºC durante un máximo de una hora que a 100ºC durante varias horas.

El tostado y el autoclave producen una disminución en los niveles de Tiamina y Riboflavina (RAO, 1974).

Tabla 12. Efecto de los métodos de cocinado sobre el contenido en vitaminas del garbanzo (GEERVANI y THEOPHILUS, 1980):

	VITAMINAS (mg/100g)		
METODO	Tiamina	Riboflavina	Niacina
Cocción	0,42	0,10	2,90
Tostado	0,39	0,14	3,00

2.4.3.4. Efecto sobre la fibra

GARCIA OLMEDO y col. (1985) estudian la composición en fibra dietética de recetas confeccionadas con garbanzos y observan una disminución en los productos cocinados con respecto a la leguminosa cruda. Esta disminución es significativa en todos los casos, con excepción de la lignina.

Para VIDAL y FRIAS (1989) los datos de fibra dietética obtenidos tras el cocinado (remojo + cocción) son mayores que los del garbanzo crudo. El cocinado a presión realizado, también en garbanzos por estos autores, consigue mayor contenido de fibra dietética salvo para la celulosa, que no presenta diferencias.

2.4.3.5. Efecto sobre los minerales

La distribución de los minerales en la semilla es determinante para su disponibilidad. El efecto del cocinado sobre la disponibilidad de los minerales es difícil de evaluar; el

hierro, cinc y calcio responden de forma diferente al cocinado, incluso respecto a las interacciones entre los componentes del alimento (LOMBARDI-BOCCIA y col., 1993).

WESTER (1987) afirma que el cocinado puede disminuir sustancialmente el contenido en magnesio y, concretamente, la cocción de los vegetales puede causar una pérdida de magnesio superior al 50%.

La cocción influye en el contenido mineral de los garbanzos; MEINERS y col. (1976) encuentran que los minerales de la semilla cocida presentan una disminución del 30-50% con respecto a la cruda, y aportan el contenido de algunos minerales concretos (Tabla 13).

Tabla 13. Efecto de la cocción sobre el contenido en minerales del garbanzo (MEINERS y col., 1976).

MINERAL (mg/100g)	CRUDO	COCIDO	LIQUIDO COCINADO
Calcio	103,10	55,60	20,30
Magnesio	91,70	47,10	42,80
Fósforo	354,00	190,00	75,00
Hierro	5,82	3,38	3,48

2.4.4. EFECTO SOBRE LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES

Algunos factores antinutricionales, como son los Inhibidores de Tripsina y Quimiotripsina y las Lectinas, se consideran termosensibles. Otros, como las saponinas, alfa-galactósidos y fitatos, se sabe que son más termoestables; es decir, no se afectan significativamente por el calor. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la palabra "termosensibilidad" se define como la cantidad de calor que se requiere para inactivar los factores antinutricionales sin alterar el valor biológico de otros componentes. Además, es evidente que muchos factores diferentes pueden interferir con el producto crudo; así, por ejemplo, los inhibidores de la tripsina de las judías (Phaseolus vulgaris) tienen una termoestabilidad mínima en la semilla intacta y una termoestabilidad máxima en la albúmina extraída (RAYAS-DUARTE y col., 1992).

2.4.4.1. Sobre Inhibidores de Proteasas

Es comúnmente aceptado que el inhibidor de la actividad de la Tripsina (TIA) es inactivado mediante calor, a pesar de que las pruebas experimentales con legumbres específicas son en ocasiones escasas, conflictivas ó incompletas. Así, es de esperar que la cocción mejore la utilización de la proteína de las leguminosas.

SASTRY y MURRAY (1987) sugieren que la calidad nutricional de la albúmina de la proteína de las semillas del garbanzo viene

de la fracción de aminoácidos esenciales del TIA presente, ya que los TIA son una fuente rica en Cisteina. Pero estos aminoácidos estarían disponibles solo cuando la semilla es tratada con calor; aunque estos autores puntualizan que, solo una tercera parte del TIA inicial existente en la fracción de albúmina y una cuarta parte de la fracción de globulina, se pierde en respuesta al calentamiento a 90°C durante 1 hora.

RACKIS y col. (1986) pusieron de manifiesto que los tratamientos con calor húmedo, con vapor o autoclave, a 121° C durante 15-30 minutos, son los más efectivos. Por su parte, CONTRERAS y TAGLE (1974) comprobaron en experiencias anteriores que el TIA del garbanzo era inactivado mediante calentamiento húmedo a 121°C durante 30 minutos, pero no por calor seco. Estos mismos autores comprobaron, también en el garbanzo, que el remojo seguido de un calentamiento seco inactivaba parcialmente los TIA.

SUMATHI y PATABHIRAMAN (1976) comprobaron que el inhibidor de la Quimiotripsina en el garbanzo es más estable al calentamiento que el de la Tripsina, y que ambos son más termolábiles bajo condiciones ácidas, siendo totalmente destruidos bajo estas condiciones.

De acuerdo con los autores anteriores, SINGH (1985) sugiere que los TIA son completamente destruidos solo cuando se someten a tratamiento térmico bajo condiciones ácidas.

SAVAGE y THOMPSON (1993) en las experiencias que hemos

mencionado en un capítulo anterior, obtuvieron una reducción de los valores de TIA en semillas cocinadas con respecto a las crudas del 84,5% (TIA en crudas: 2,71 ±0,06 mg/g y en cocinadas: 0,42 ±0,01 mg/g). Respecto a la interrelación entre los niveles de TIA y el de los valores proteico y nutricional, estos autores, encontraron una correlación significativamente negativa entre el contenido proteico de las semillas del garbanzo y los TIA, debido al hecho de que el contenido proteico de las semillas aumentó por las pérdidas de hidratos de carbono solubles, al mismo tiempo que los niveles de TIA descendían. La Digestibilidad Verdadera (DV), el Valor Biológico (VB) y la Utilización Neta Proteica (UNP) del garbanzo tenían una correlación negativa con los TIA y positiva con el contenido proteico. Así mismo, la DV, el VB y la UNP tenían una correlación positiva entre sí. Estos autores encontraron una mejora parcial de la DV con la cocción, a pesar de la disminución de los TIA, mientras que el VB si fue significativamente mejorado. Esto indica que la cocción no es completamente efectiva en la total eliminación del TIA de los garbanzos por lo que se requieren métodos más rigurosos para esto.

ESTEVEZ y col. (1991), en un estudio ya mencionado, trabajando con varias leguminosas, comprobaron que al someterlas a un remojo alcalino seguido de cocción, el calor aplicado en ésta, era efectivo en la reducción del TIA, pasándose de unos valores de 16,8 a 5,0 UTI/mg sustancia seca en el garbanzo crudo y cocinado, respectivamente; esta reducción que era del 68% fue la mayor que se obtuvo de todas las leguminosas estudiadas.

JAYA y col. (1975) encontraron un incremento del Coeficiente de Eficacia en Crecimiento que atribuyeron a la destrucción de los TIA como resultado de la germinación de algunas leguminosas. Sin embargo, LIENER (1976) encontró una pequeña diferencia en el crecimiento al comparar los garbanzos crudos y los sometidos a temperatura, administrados a ratas como única fuente proteica de una dieta balanceada (12 % proteína), de forma que el peso ganado era de + 1,25 y + 1,16 g/día para los garbanzos crudos y calentados, respectivamente.

HILLDEBRAND y col. (1981) observaron que, en garbanzos sometidos a tratamiento con calor durante 30 minutos a 80ºC, se conservaba una actividad residual de los TIA en torno a un 17%.

2.4.4.2. sobre los inhibidores de la alfa-amilasa

SINGH y col. (1988) afirman que el inhibidor de la alfa-amilasa del garbanzo se inactiva completamente cuando se cuence esta leguminosa durante 10 minutos.

2.4.4.3. sobre Taninos

Según RAO y DEOSTHALE (1982), alrededor del 50% de los compuestos polifenólicos del garbanzo se pierden tras el remojo en agua durante toda la noche y afirman que la cocción (durante 15 minutos y a 15 lb de presión, en autoclave, con una proporción semilla-agua de 1:3), sin remojo previo, lleva a una disminución del 70% de estos compuestos, siempre que se tire el agua de

cocción, pasando de 165 a 38 mg/100g los taninos en el garbanzo crudo y cocido, respectivamente. Esta reducción en los garbanzos era la mayor que se obtuvo para todas las leguminosas que se ensayaron. Estos autores opinan también, que los compuestos polifenólicos en general, no son un problema serio para las personas que viven en regiones donde las semillas se consumen tras su descorticación, ya que esto reduce los taninos en un 83-97 % (pasando de 179±21,1 a 26±2,6 mg/100 g los taninos en el garbanzo entero y descorticado, respectivamente); sin embargo, se aconseja un remojo (eliminando luego el agua) seguido de cocción, antes del consumo de estas semillas, en aquellas regiones donde se toman enteras.

BUTLER (1989) afirma que el remojo en solución alcalina no solo disminuye bastante el nivel de taninos disponibles sino que también mejora el valor nutritivo. Este autor puntualiza que es mejor tratar el grano completo que molido.

2.4.4.4. sobre alfa-galactósidos

Algunos métodos de procesado influyen sobre los niveles causantes de flatulencia, aunque existen pocos datos sobre los efectos de los métodos tradicionales de procesado sobre el perfil de alfa-galactósidos en leguminosas (RAO y BELAVADY, 1978; REDDY y col., 1984).

La Rafinosa, Verbascosa y Estaquiosa son solubles en agua, por lo que el remojo de las semillas en agua y la posterior

eliminación de esta, eliminará la mayoría de estos azúcares. La eliminación del agua de cocción también reduce los azúcares de la familia de la rafinosa en la semilla. También se puede usar la combinación de diversos tratamientos (ajuste de pH, etc.) para eliminar los alfa-galactósidos.

JOOD y col. (1985) en un estudio, mencionado anteriormente, sobre el efecto del procesado en garbanzos, vieron que tras el remojo disminuye el contenido en rafinosa, estaquiosa y verbascosa proporcionalmente al tiempo de remojo, siendo la reducción significativamente ($p<0,05$) más alta cuando el remojo es en solución de bicarbonato sódico, comparada con el agua, tanto a las 6 como a las 12 horas de remojo. Sin embargo, el remojo en agua es preferible a la solución de bicarbonato por la susceptibilidad de algunas vitaminas del grupo B a los álcalis, principalmente la Tiamina y la Riboflavina, que, como hemos visto anteriormente, se sabe que son lentamente destruidas en medio alcalino a temperatura ambiente. Según estos autores, el remojo durante 12 horas en agua o en solución de bicarbonato sódico, produce pérdidas de rafinosa, estaquiosa y verbascosa del orden del 60-90%, 75-90% y 80-96%, respectivamente. Cuando tras este remojo se realiza la cocción, hay pérdidas significativamente ($p<0,05$) mayores de rafinosa y estaquiosa, y estos azúcares son aún más reducidos, significativamente, cuando había remojo seguido de autoclave.

VIDAL y col. (1993) en el estudio que realizaron sobre el efecto del cocinado en la composición de hidratos de carbono del

garbanzo, ya mencionado, encontraron que el remojo en agua bidestilada (12 horas) seguido de cocción a presión normal, originaba una disminución de los alfa-galactósidos del 28 % (pasaban de 4,41 a 3,19 g/100 g de materia seca); la cocción a presión elevada producía una disminución del 29 % (pasando de 4,41 a 3,15 g/100 g materia seca). Estos autores ensayaron también un remojo en agua bidestilada (12 horas) seguido de cocción a presión normal o alta, y luego mantenían los garbanzos durante 5 horas a 35ºC (para simular las condiciones que existen realmente en comedores colectivos) y encontraron una reducción de los alfa-galactósidos durante este tiempo.

RAO y BELAVADY (1978) estudiaron en leguminosas, entre ellas los garbanzos, las variaciones que se producen en la proporción de alfa-galactósidos antes y después de someterlos a cocción con agua y a presión durante 15 minutos. Los valores obtenidos para la estaquiosa-verbascosa aumentan del 1,3 ± 0,19% a 2,7 ± 0,27%. La rafinosa aumenta del 2,4 ± 0,30% a 4,4 ± 0,48% y la sacarosa del 1,6 ± 0,14% a 3,1 ± 0,92%. Así, ponen de manifiesto que los hidratos de carbono solubles aumentan considerablemente con la cocción (y principalmente en el garbanzo), siempre que se tenga en cuenta el agua de cocción para realizar la medida. Al ser los alfa-galactósidos solubles en agua, el remojo de las semillas y la posterior eliminación del agua, pueden conseguir eliminar una buena cantidad de estos hidratos de carbono presentes en las semillas. La reducción es mucho mayor si, además del agua de remojo, se elimina la de cocción. Estos autores explican esto de la siguiente manera: el aumento de los alfa-galactósidos con la

cocción puede deberse a que, en las leguminosas crudas, éstos se encuentren unidos a proteínas, a otros macronutrientes o bien se encuentren formando polisacáridos de elevado peso molecular; como consecuencia del cocinado pueden hidrolizarse las uniones, liberándose los alfa-galactósidos.

Los diferentes resultados obtenidos en los dos estudios mencionados son debidos a que, como ya hemos dicho, JOOD y col. despreciaban el agua de remojo y cocción al medir los alfa-galactósidos, mientras que RAO y BELAVADY si la tenían en cuenta.

KANTHA y col. (1973) concluyeron que los garbanzos cocinados no tenían muy alterada su capacidad para inducir flatulencia, comparado con los crudos.

AMAN (1979) encontró una disminución significativa (del 61%) en los niveles de rafinosa y estaquiosa del garbanzo tras la germinación.

IYENGAR y KULKARNI (1977) vieron que, cuando se elimina el agua de cocción, los niveles de alfa-galactósidos en el garbanzo disminuyen entre un 45 y un 80%, obteniendo unos resultados que se expresan en la tabla 14. También comprobaron que la germinación seguida de cocción reducía en un 60% los niveles de alfa-galactósidos totales en garbanzos.

Tabla 14. Efecto de la cocción en el contenido de alfa-galactósidos en garbanzos (sin eliminar el agua de cocción) (IYENGAR y KULKARNI, 1977).

alfa-GALACTOSIDO	CRUDO	COCIDO
Verbascosa+Estaqui.	1,6	2,7
Rafinosa	0,5	0,7
Sucrose	0,7	2,6

SAVITRI y DESIKACHAR (1985), estudiando en ratas albinas la flatulencia producida por los alfa-galactósidos de leguminosas, vieron que los garbanzos germinados producen menos flatulencia que los mismos sin germinar, mientras que la cocción aumentaba significativamente el contenido en estos azúcares; lo que prodría ser debido a una mejora en la extractibilidad de éstos tras el cocinado, como hemos visto antes.

De estos estudios se deduce que la germinación reduce los niveles de alfa-galactósidos, aunque no es posible la eliminación completa de los mismos. Sin embargo, parece existir cierta controversia con el efecto de la cocción sobre estos azúcares, que es probablemente debida a los diferentes usos que se hacen del líquido de cocción.

Sin embargo, es de destacar el hecho de que, tal y como afirman REDDY y col. (1984), la eliminación de los alfa-galactósidos no evita completamente la capacidad de producir flatulencia de las leguminosas, aunque los responsables de esta

flatulencia en el producto residual aún no han sido identificados. Estos autores proponen la necesidad de estudiar el posible papel de la fibra en la producción del flato.

2.4.4.5. sobre el ácido fítico

ESTEVEZ y col. (1991) en su estudio con leguminosas, ya citado, a las que sometieron a remojo alcalino seguido de cocción y secado, encontraron que este procesado tuvo un efecto positivo en la reducción del contenido en ácido fítico, especialmente en los garbanzos, ya que en ellos la reducción fue del 53% (pasaron de 2,2 a 1,0 mg/100 mg sustancia seca). Esta disminución se debe, según estos autores, a la lixiviación que tiene lugar durante el remojo y la cocción, por lo que se recomienda eliminar ambas aguas cuando se desee eliminar este componente.

KHAN y col. (1988) afirman que el remojo, cocción, tostado y fritura originan, de forma invariable, una pérdida de ácido fítico en el garbanzo. Estos autores realizan un estudio sobre el efecto del procesado sobre el contenido en ácido fítico del garbanzo, encontrando que, al someter esta leguminosa a remojo durante 4 horas en agua o solución de bicarbonato sódico (al 2%), las pérdidas de ácido fítico eran del 12,50 y 7,50%, respectivamente. Si el remojo ,en estas mismas soluciones, iba seguido de cocción, las pérdidas eran del 25,0 y 12,0%, respectivamente. Así, queda claro que las pérdidas de ácido fítico se reducen significativamente cuando el remojo se realizó en bicarbonato.

DUHAN y col. (1989) estudiaron el efecto de algunos métodos comunes de procesado doméstico del garbanzo, como son el remojo en agua (12 horas, 37ºC), la cocción (en agua, 45 minutos) y el autoclave (1,05 Kg/cm² de presión, 15 minutos), concluyendo que la cocción de las semillas previamente remojadas originaba una pérdida de ácido fítico del 20-26%, siendo del 7-11%, cuando se cocian sin remojo previo. El remojo, por sí solo, también reducía significativamente ($p<0,05$) el contenido en ácido fítico en un 11-16% y, según estos autores, esto se debe a la solubilización del mismo en el agua de remojo (un 10,1%) debido a la influencia del gradiente de concentración, de forma que estas pérdidas deben considerarse en función de los cambios en la permeabilidad de la cubierta de la semilla. Según estos autores, el autoclave y el remojo son los métodos más efectivos de procesado para la disminución del contenido en ácido fítico del garbanzo, y la cocción, también contribuye a esta pérdida, aunque en menor grado.

2.4.4.6. Sobre Lectinas

Los efectos antinutricionales de las lectinas pueden ser eliminados mediante la desnaturalización de las mismas. Sin embargo, tienden a ser relativamente resistentes a los tratamientos térmicos húmedos o secos (Van Der POEL y col., 1991). Las Lectinas, por tanto, requieren ser tratadas rigurosamente con temperatura para asegurar la completa inactivación y uno de los procedimientos más efectivos es cocinar las semillas completamente hidratadas en agua durante un tiempo

de 10 minutos y a 100 ºC. Hay que remarcar que el tratamiento térmico ha de ser húmedo para destruir la actividad hemaglutinante (SINGH, 1988).

CONTRERAS y TAGLE (1974) redujeron casi completamente la actividad hemaglutinante de los garbanzos mediante calentamiento húmedo a 100ºC, mientras que comprobaron que el remojo previo solo tenía un pequeño efecto.

LIENER (1976) encontró una gran reducción de la actividad hemaglutinante tras el calentamiento húmedo a más de 100ºC, afirmando que las hemaglutininas son altamente sensibles al tratamiento térmico.

MATERIAL
Y METODOS

3. MATERIAL Y METODOS

Con el fin de estudiar la influencia de los procesos culinarios y tecnológicos a los que es sometido el garbanzo (*Cicer arietinum, L.,*), sobre la ingesta, cambios ponderales, utilización nutritiva de la proteína, fósforo, calcio y magnesio, así como el contenido de estos minerales en fémur y músculo *longissimus dorsi*, se programaron una serie de ensayos, a realizar en ratas Wistar de ambos sexos, comenzando desde su destete, encuadrados en los diseños experimentales que esquematizaremos a continuación.

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron ocho experimentos en los que se utilizó el garbanzo, crudo ó sometido a distintos procesos, como única fuente de alimento, siguiendo la técnica de balance de THOMAS-MITCHEL (1923).

Experimento I (GC)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos crudos (Dieta GC)

Experimento II (GPT)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a calor seco a 120ºC, 1 atm. de presión, durante 15

minutos (Dieta GTP)

Experimento III (GR)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en agua bidestilada (Dieta GR)

Experimento IV (GRA)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en medio ácido (Dieta GRA)

Experimento V (GRB)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en medio básico (Dieta GRB)

Experimento VI (GRC)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en agua bidestilada seguido de cocción (Dieta GRC)

Experimento VII (GRAC)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en medio ácido seguido de cocción (Dieta GRAC)

Experimento VIII (GRBC)

10 ratas (5 machos y 5 hembras) de la raza Wistar, alimentadas durante 10 días con una dieta a base de garbanzos sometidos a remojo en medio básico seguido de cocción (Dieta GRBC)

3.2. DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS

En cada experimento se usaron 10 ratas (Ratus novergicus) de la raza Wistar, 5 machos y 5 hembras, con un peso inicial medio de 58,8 ± 1,1 gramos, recién destetadas, que procedian del Servicio de Animales de Laboratorio de la Universidad de Granada.

Durante todo el período experimental las ratas se alojaron en células individuales de metabolismo, que permiten un perfecto control y separación de comida, heces y orina. A su vez estas células están situadas en una cámara termoregulada a 22 ± 2ºC, convenientemente ventilada y con fotoperiodo controlado de 12 horas.

La dieta es ingerida por los animales *ad libitum*, al igual que el agua bidestilada.

El periodo experimental es de 10 días de duración, de los cuales los 3 primeros días corresponden al período de adaptación a la dieta y a las condiciones experimentales, y los 7 días siguientes constituyen el período principal en el que se recogen

por separado heces y orina, para su posterior análisis, controlándose durante este período la ingesta de dieta y el peso corporal.

Las heces, homogeneizadas, se conservaron congeladas a -20°C en bolsas de plástico; y la orina, acidificada, ya que se recogió sobre agua bidestilada + ácido clorhídrico al 5 % , se llevó a volumen conocido.

Al final de los experimentos, se sacrifican los animales por decapitación, para obtener el músculo *longissimus dorsi* y el fémur. Los órganos extraidos se congelan para posteriormente, previa preparación de la muestra, realizar las determinaciones analíticas en cada una de las mencionadas partes anatómicas.

3.3. DIETAS UTILIZADAS

En la elaboración de las dietas experimentales se usaron garbanzos crudos o bien sometidos a los siguientes procesos:

Experimento I (Dieta GC)

Los garbanzos secos se molieron hasta obtener un polvo fino.

Experimento II: Presión + Temperatura (Dieta GTP)

Los garbanzos secos se sometieron a calor seco a 120°C y 1 atmósfera de presión durante 15 minutos; posteriormente se molieron hasta obtener un polvo fino.

Experimento III: Remojo en Agua (Proceso I, Dieta GR)

Se pesaron 150 gramos de garbanzo crudo y se dejaron en remojo, con 450 ml de agua bidestilada (proporción garbanzo crudo/líquido = 1/3). Permanecen en remojo durante 9 horas, a temperatura ambiente y en la oscuridad.

Los garbanzos remojados se escurren durante 10 minutos. Se recoge el líquido de remojo. Se pesan los garbanzos escurridos y el líquido de remojo se pesa y se mide el volumen.

Los garbanzos remojados y escurridos se trituran y se someten a liofilización. A continuación se pesan y se muelen hasta obtener un polvo fino.

Experimento IV: Remojo ácido (Proceso II, Dieta GRA)

Se realizó igual que el proceso I, pero el remojo tuvo lugar en una solución de ácido cítrico al 0,1% en agua bidestilada (pH=2,6).

Experimento V: Remojo básico (Proceso III, Dieta GRB)

Se realizó igual que el proceso I pero el remojo tuvo lugar en una solución de Bicarbonato sódico al 0,07% en agua bidestilada (pH=8,4).

Experimento VI: Remojo en agua y cocción (Proceso IV, Dieta GRC)

Se pesaron 150 gramos de garbanzo crudo y se dejaron en remojo, con 450 ml de agua bidestilada (proporción garbanzo crudo/líquido = 1/3). Permanecen en remojo duranre 9 horas, a temperatura ambiente y en la oscuridad.

Los garbanzos remojados se escurren durante 10 minutos. Se recoge el líquido de remojo. Se pesan los garbanzos escurridos y el líquido de remojo se pesa y se mide el volumen.

Los garbanzos remojados y escurridos se someten a ebullición en una olla tapada (no olla a presión) con agua bidestilada (proporción de garbanzo crudo/líquido de ebullición = 1/6,67) durante 35 minutos a partir del comienzo de la ebullición que son 10 minutos, es decir, 45 minutos en total.

Al término de la ebullición, los garbanzos cocinados se escurren durante 10 minutos, y se pesan. El líquido de cocinado se recoge y se pesa y mide su volumen.

Los garbanzos escurridos se trituran y se liofilizan. A continuación se pesan y se muelen hasta obtener un polvo fino.

Experimento VII: Remojo ácido y cocción (Proceso V, GRAC)

Se realizó igual que el proceso IV pero el remojo tuvo lugar en solución de ácido cítrico al 0,1% en agua bidestilada (pH=2,6).

Experimento VIII: Remojo básico y cocción (Proceso VI, GRBC)

Se realizó igual que el proceso IV pero el remojo tuvo lugar en solución de Bicarbonato sódico al 0,07% en agua bidestilada (pH=8,4).

3.4. TECNICAS ANALITICAS

Los métodos análiticos aplicados son los siguientes:

3.4.1. Humedad (materia seca)

Se realiza por desecación en estufa a 105±1ºC hasta peso constante.

Se determina en dieta, heces y músculo.

3.4.2. Proteína

* **Determinación de Nitrógeno:** por el método de Kjeldhal, usando como catalizador aproximadamente 5 g de mezcla: Sulfato potásico (100 partes), Sulfato cúprico (6 partes) y Selenio (1 parte). Se utilizó el factor 6,25 para la conversión de Nitrógeno en proteína.

Se determina en dieta, orina y heces.

* **Contenido en aminoácidos:** Se realizó el aminograma de las proteínas mediante la técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficacia y usando el método de Pico-Tag, con hidrólisis ácida de la muestra.

3.4.3. Minerales totales

Se obtienen por calcinación de una parte de la muestra (en el caso de la dieta y heces) o la pieza íntegra (en el caso de músculo y femur), en horno a 450ºC, hasta su perfecta calcinación; el residuo se diluye con solución de ácido clorhídrico 6 N y se enrasa con agua bidestilada a un volumen determinado, para posterior análisis.

3.4.3.1. Calcio y Magnesio

Las concentraciones de Calcio y Magnesio de la dieta, heces, orina, músculo *longissimus dorsi* y fémur, se determinan mediante espectrofotometria de absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro PERKIN-ELMER 1100 B, con llama de gas acetileno y usando una longitud de onda de 422,8 nm para el Ca^{2+} y 285nm para el Mg^{2+}. A cada muestra se añadió Cloruro de Lantano hasta una concentración final de 0,1 a 1 %, para prevenir la formación de compuestos entre el fósforo y el calcio ó el magnesio.

3.4.3.2. Fósforo inorgánico

Las concentraciones de fósforo de la dieta, heces, orina, músculo *longissimus dorsi* y fémur, se determinan por espectrofotometria visible mediante la técnica colorimétrica de FISKE-SUBBAROW (1925), de la casa comercial Química Analítica Aplicada, realizado a partir de las muestras ya calcinadas y disueltas en CLH 6N, excepto en orina, que mide sin previo tratamiento.

3.4.3.2. Acido fítico (Inositol hexafosfato)

Se determinó en la dieta usando el método colorimétrico de LATTA y ESKIN, 1980.

Las muestras se extraen con HCl 0,4N + SO_4Na_2 tras lo cual se procede a la purificación mediante el paso por una resina de intercambio iónico DOWEX 1X4-100 Mesh. Por último se procede a la reacción colorimétrica con el reactivo de Wade (0,3 gramos Sulfosalicílico : 0,03 gramos Cl_3Fe, hasta 100 ml) y la medida en espectrofotómetro a 500nm.

3.5. EVALUACION QUIMICA

La evaluación biológica es un proceso largo y complejo, por lo que se intenta correlacionar el valor biológico de una proteína con otros parámetros más fáciles de determinar, como puede ser la proporción de aminoácidos esenciales en la proteína empleada. Destaca el uso del Cómputo Químico, que se basa en la premisa de considerar la proteína de huevo de gallina como la de máximo valor biológico y, por tanto, la más adecuada para el desarrollo. De esta forma, las limitaciones al crecimiento vendrán impuestas por aquel aminoácido de la proteína cuya proporción, respecto a la existente en el huevo, sea menor. Así, para establecer el Cómputo Químico de una proteína, se divide el porcentaje de cada aminoácido esencial en la proteína ensayada entre el porcentaje correspondiente de ese mismo aminoácido en el huevo. Aquel que muestra la relación más baja se considera primer aminoácido limitante.

$$C.Q.= \frac{\text{\% AAE en proteína problema}}{\text{\% AAE en proteína de huevo}} \times 100$$

3.6. INDICES BIOLOGICOS UTILIZADOS

Los diferentes índices biológicos utilizados se calcularon de la forma siguiente:

* **Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA):** es la relación porcentual entre la cantidad absorbida de la ingerida, sin tener en cuenta las pérdidas endógenas.

$$CDA = \frac{I - F}{I} \times 100$$

* **Balance o Retención (B):** se determina por diferencia entre el absorbido y el urinario

$$Balance = I - (F + U)$$

* **R/A %** : expresa el tanto por ciento de la cantidad retenida de la absorbida. La cantidad retenida se determina por diferencia entre la cantidad absorbida y la excretada por orina.

$$R/A = \frac{I - (F + U)}{I - F} \times 100$$

* **R/I%** : expresa el porcentaje de retenido respecto al ingerido y, aritméticamente, es el producto del R/I por el CDA.

$$R/I = \frac{I - (F + U)}{I} \times 100$$

Las siglas utilizadas en estas fórmulas, son las indicadas por la FAO/OMS (1966):

I: Ingerido

F: Excreción Fecal

U: Excreción Urinaria

* **Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC):** expresa la ganancia de peso de los animales en gramos, por gramos de proteína ingerida (durante 7 días).

$$C.E.C. = \frac{\text{ganancia de peso}}{\text{g proteína ingeridos}}$$

* **Indice de Transformación de Alimento (I.T.):** expresa la cantidad de alimento ingerido en relación a la ganancia de peso.

$$I.T. = \frac{\text{Alimento ingerido (g)}}{\text{ganancia de peso}}$$

3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO

Se ha calculado el valor medio (x) y la desviación estandar (DS) para cada parámetro estudiado.

Se aplicó a los datos el Análisis Multifactorial de la Varianza usando el programa Statgraphics, Statistical Graphics System 2.1. (Statistical Graphics Corporation, Rockville, MD, USA).

Se han considerado diferencias significativas los niveles de $p < 0,05$.

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. SOBRE LA COMPOSICION ANALITICA DE LAS DIETAS

La composición analítica de las dietas se muestra en las tablas **Ia-Id**.

4.1.1. NITROGENO

La concentración de **Nitrógeno Total** determinada en las muestras de garbanzo crudo y sometido a 1 atm de presión y 120°C durante 15 minutos, así como a los diferentes remojos (en agua, solución ácida ó básica) solos o seguidos de cocción en agua, tiene un valor medio de 3,63 ± 0,05 g Nitrógeno/100 g sustancia seca (ver tabla **Ia**); del cual, el 8,81% corresponde al **Nitrógeno No Proteico** (NPN) y el 91,19% restante a **Nitrógeno Proteico** (NP).

Esta concentración de Nitrógeno es similar en todas las muestras, ya que el ligero aumento que se observa con los procesos es debido a la pérdida de Hidratos de Carbono totales que sufre el garbanzo con los mismos.

4.1.2. CONTENIDO EN AMINOACIDOS DE LAS DIETAS

Se realizó el aminograma de la proteína del garbanzo crudo y procesado. Los resultados obtenidos se reflejan en las tablas **Ib** (contenido en aminoácidos esenciales para ratas en crecimiento) y **Ic** (contenido en aminoácidos no esenciales).

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos (presión + temperatura y remojo en agua ó solución ácida ó básica, solo o seguido de cocción) ninguno de ellos modifica significativamente la composición en aminoácidos.

La cantidad de aminoácidos (Aa) totales de cada una de las dietas ensayadas, expresada como gramos de Aa/100 gramos de dieta, es prácticamente igual al contenido en proteína de las mismas, obtenido al multiplicar el nitrógeno total de la muestra por el factor 6,25.

Tabla Ia. Composición Analítica de las Dietas: Nitrógeno Total y Proteína (N x 6,25) en gramos/100 gramos de sustancia seca.

DIETA	NITROGENO TOTAL	PROTEINA
GC	3,38	21,2
GTP	3,58	22,4
GR	3,50	21,8
GRA	3,58	22,5
GRB	3,65	22,9
GRC	3,67	23,0
GRAC	3,86	24,1
GRBC	3,81	23,8

Tabla Ib. Composición en Aminoácidos Esenciales para ratas en crecimiento de las dietas ensayadas (g/100g dieta en sustancia seca).

DIETA	Arg	Cys	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val
GC	1,83	0,41	0,29	1,17	2,13	1,42	0,33	1,39	0,77	1,46
GPT	1,88	0,46	0,30	1,22	2,29	1,57	0,36	1,45	0,84	1,39
GR	2,05	0,45	0,37	1,17	2,16	1,46	0,39	1,50	0,81	1,31
GRA	2,01	0,45	0,31	1,27	2,31	1,46	0,36	1,41	0,85	1,42
GRB	2,09	0,45	0,30	1,24	2,35	1,61	0,38	1,47	0,85	1,44
GRC	2,08	0,43	0,32	1,29	2,40	1,50	0,38	1,47	0,82	1,46
GRAC	2,15	0,36	0,32	1,36	2,52	1,77	0,41	1,68	0,90	1,57
GRBC	2,13	0,44	0,33	1,31	2,47	1,60	0,42	1,58	0,88	1,52

Tabla Ic. Contenido en aminoácidos No Esenciales y Aminoácidos Totales (% Aa) de las dietas ensayadas (g/100g dieta en sustancia seca).

DIETA	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	% Aa (*)
GC	0,99	2,23	3,83	0,94	0,98	0,97	21,13
GPT	0,98	2,38	4,11	0,99	1,12	1,02	22,38
GR	0,91	1,94	4,02	1,00	1,31	1,01	21,88
GRA	1,00	2,37	4,04	0,99	1,12	1,02	22,38
GRB	1,02	2,34	4,05	1,03	1,17	1,03	22,81
GRC	1,05	2,38	4,10	1,02	1,20	1,05	22,94
GRAC	1,08	2,32	4,15	1,11	1,32	1,13	24,13
GRBC	1,13	2,41	4,16	1,08	1,28	1,07	23,81

(*) tanto por ciento de aminoácidos (esenciales y no esenciales) de la dieta

4.1.3. MINERALES

El contenido en minerales (calcio, fósforo total, Inositol hexafosfato y magnesio) de las dietas ensayadas se expresa en la tabla Id.

Tabla Id. Composición analítica de las Dietas. Contenido en calcio, fósforo total, inositol hexafosfato y magnesio (en sustancia seca).

DIETA	CENIZAS (g/100g)	CALCIO (mg/100g)	FOSFORO (mg/100g)	Ac.FITICO (mg/g)	MAGNESIO (mg/100g)
GC	2,88	136,94	301,80	5,9	134,26
GPT	2,91	134,57	306,00	6,3	138,93
GR	2,77	117,65	274,65	5,1	126,24
GRA	2,63	104,82	274,00	5,8	119,36
GRB	2,69	114,62	300,26	5,2	129,34
GRC	2,97	125,67	268,17	5,3	105,16
GRAC	1,91	100,91	259,36	4,8	98,40
GRBC	1,96	104,19	276,15	5,8	101,15

a) Calcio

El garbanzo crudo (GC) tiene una concentración de calcio igual a 136,24 mg/100 g muestra. Con los procesos de remojo, solo o seguido de cocción, se observa una disminución en el contenido de este mineral, que va desde el 10 al 25%, aproximadamente, siendo estas pérdidas de calcio mayores con el remojo en medio ácido seguido de cocción (GRAC) y menores en el caso del remojo en agua seguido de cocción (GRC). Como cabía esperar, al someter la muestra a presión + temperatura (GPT), se mantiene el contenido en calcio de la misma.

b) Fósforo

El garbanzo crudo presenta una cantidad de **P Total** igual a 301, 8 mg/100 g muestra. Con los procesos de remojo en agua (GR) y medio ácido (GRA), así como con los remojos seguidos de cocción (GRC, GRAC, GRBC), se produce una pérdida de P soluble; siendo del orden del 10-15%. Sin embargo, la cantidad de P Total se mantiene en el caso del remojo en medio básico (GRB) y, como cabía esperar, con la presión + temperatura (GPT).

De la cantidad total de Fósforo que presenta el garbanzo crudo, el 55,8 % corresponde a **Inositol hexafosfato** (IHP), ya que contiene 5,9 mg/g del mismo. Al someter el garbanzo a los diferentes procesos, no se modifica significativamente el contenido en ácido fítico del mismo, excepto en el caso del garbanzo sometido a remojo en medio ácido seguido de cocción (GRAC), que contiene un 45% (1,37 mg/g) de IHP.

c) Magnesio

El garbanzo crudo tiene una concentración de magnesio igual a 134,26 mg/100 g muestra. Con los procesos de remojo se observa una ligera disminución de este mineral (del 4 al 12 %), que es más acusada con las cocciones (del 22 al 27%). En el caso de los garbanzos sometidos a presión + temperatura (GPT), y al igual que hemos comentado para los demás minerales, se mantiene el contenido en magnesio de la muestra.

4.2. SOBRE LA VALORACION QUIMICA DE LA PROTEINA

4.2.1. CONTENIDO EN AMINOACIDOS DE LAS MUESTRAS

En la tabla IIa figura el cociente de aminoácidos esenciales (E) y no esenciales (NE), expresado en tanto por ciento, de las dietas ensayadas. Este cociente E/NE tienen un valor igual a 1,12 para la dieta de garbanzo crudo y no se modifica significativamente al someter el garbanzo a los diferentes procesos.

Tabla IIa. Indice E/NE de las dietas ensayadas.

DIETA	E/NE
GC	1,12
GPT	1,11
GR	1,15
GRA	1,12
GRB	1,15
GRC	1,12
GRAC	1,18
GRBC	1,14

4.2.2. COMPUTO QUIMICO

La determinación del Cómputo Químico (tablas IIb y IIc) para la proteína del Cicer arietinum, nos indica que el primer, segundo y tercer aminoácido limitante del mismo son la metionina, cisteina y treonina, con unos valores en el garbanzo crudo de 45,17, 54,91 y 91,15, respectivamente. Con los distintos procesos a que es sometido el garbanzo, no se modifican significativamente estos valores.

Tabla IIb. Contenido en aminoácidos esenciales para ratas en crecimiento de las proteínas ensayadas (determinado mediante aminograma) y de la proteína de huevo entero de gallina (FAO/WHO, 1973), en mg Aa/g proteína.

FUENTE	Cys	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val
FAO	35	40	70	55	35	60	40	50
GC	19,22	55,30	100,76	67,05	15,81	65,72	36,46	68,89
GPT	20,64	54,65	102,50	70,20	16,18	64,79	37,49	62,06
GR	20,89	53,47	98,54	66,82	18,01	68,74	37,16	59,96
GRA	19,97	56,52	103,22	65,24	15,86	62,78	37,89	63,58
GRB	19,86	54,49	103,11	70,45	16,53	64,27	37,35	63,17
GRC	18,92	56,28	104,45	65,52	16,48	63,86	35,61	63,69
GRAC	14,96	56,28	104,56	73,52	17,07	69,46	37,26	64,86
GRBC	18,48	55,14	103,86	66,99	17,64	66,15	36,96	63,67

Tabla IIc. Cómputo Químico ó cantidad relativa de cada aminoácido, con respecto a la proteína de huevo, expresada en tanto por ciento.

DIETA	Cys	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val
GC	54,91	138,25	143,94	121,91	45,17	109,53	91,15	137,78
GPT	58,97	136,63	146,43	127,64	46,23	107,98	93,73	124,12
GR	59,69	133,68	140,77	121,49	51,46	114,57	92,90	119,92
GRA	57,06	141,30	147,46	118,62	45,31	104,63	94,73	127,16
GRB	56,74	136,23	147,30	128,09	47,23	107,12	93,38	126,34
GRC	54,06	140,70	149,21	119,13	47,09	106,43	89,03	127,38
GRAC	42,74	140,70	149,37	133,67	48,77	115,77	93,15	129,72
GRBC	52,80	137,85	148,37	121,80	50,40	110,25	92,40	127,34

4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACION BIOLOGICA DE LAS DIETAS

4.3.1. UTILIZACION NUTRITIVA DE LA PROTEINA

4.3.1.1. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES

En las tablas nº III.1 a III.8 se presentan los datos relativos a las variaciones de peso y cantidades de alimento ingerido y proteína observados durante el período experimental, y sus correspondientes índices de transformación (I.T.) y coeficientes de eficacia en crecimiento (CEC).

En nuestras condiciones experimentales y cuando los animales, con un peso inicial medio de 58,8 ± 1,5 g, consumen las dietas de garbanzos procesados, la cantidad de **alimento ingerido por 100 g de peso del animal**, aumenta significativamente ($p < 0,05$) en todos los procesos con respecto al garbanzo crudo, siendo este incremento de la ingesta mayor para los grupos GRB, GRC y GRAC.

El **Incremento de peso por día** es significativamente ($p < 0,05$) menor en el caso de las ratas que ingieren el garbanzo crudo y sometido a presión+temperatura (GC y GPT), observándose un mayor y significativo ($p < 0,05$) incremento de peso para las dietas de remojo en agua y medio ácido, sólo o seguido de cocción (GR, GRA, GRC y GRAC). El remojo de los garbanzos en medio básico, tanto solo como seguido de cocción (GRB y GRBC), proporciona un mayor crecimiento de las ratas que lo consumen, que es significativo ($p < 0,05$) con respecto a los demás grupos.

Hemos calculado también los gramos de incremento de peso por gramos de proteína ingerida que, como es sabido, se corresponde con el índice llamado **Coeficiente de Eficacia en Crecimiento (CEC)**, y observamos que, al igual que para el índice anterior, las ratas que consumen los garbanzos crudos y sometidos a presión+temperatura (GC y GPT) tienen un CEC que es significativamente ($p<0,05$) menor al conseguido con las demás dietas ensayadas. Este CEC se mejora significativamente ($p<0,05$) en los grupos de GR, GRA, GRC y GRAC. Con el GRBC se obtiene un CEC dos veces superior al de los GC, siendo tres veces superior para el caso de los GRB, ya que, en todos los casos, se obtienen mejores resultados, tanto de incremento de peso como de CEC, para los procesos de remojo en relación a sus respectivas cocciones.

4.3.1.2. UTILIZACION DIGESTIVA DE LA PROTEINA

En las tablas **IV.1** a **IV.8** se especifican los valores de nitrógeno ingerido, nitrógeno fecal, nitrógeno absorbido y el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de la proteína calculado a partir de ellos.

El **Nitrógeno Ingerido** por los animales guarda relación con la ingesta de alimento por los mismos, ya que, como hemos visto, el contenido en Nitrógeno de las dietas no varia significativamente. Así, la cantidad de Nitrógeno ingerida es significativamente ($p<0,05$) inferior en los animales que consumen los garbanzos crudos (GC) y sometidos a remojo en medio ácido (GRA), con respecto a los demás grupos experimentales.

Es interesante el hecho de que el **Peso de las heces** excretadas por los animales aumenta significativamente ($p<0,05$) con los procesos de Presión+Temperatura (GPT) y remojo en agua (GR) y medio ácido (GRA), respecto al garbanzo crudo (GC). Este incremento es aún mayor y significativo ($p<0,05$) en las ratas que consumen los garbanzos remojados en medio básico (GRB) y sometidos a las cocciones (GRC, GRAC y GRBC).

La cantidad de **Nitrógeno Absorbido**, en valor absoluto, se incrementa significativamente ($p<0,05$), en los animales que consumen los garbanzos sometidos a $P+T^a$ y remojo en agua y medio ácido (GPT, GR y GRA) respecto a los garbanzos crudos; siendo este incremento aun mayor y significativo ($p<0,05$) con las cocciones. El grupo de los garbanzos sometidos a remojo básico presenta la mejor absorción de Nitrógeno, siendo significativo ($p<0,05$) con respecto a los demás grupos. (a pesar de que el Nitrógeno fecal es también el mayor). En general, se observa una mejora en la cantidad de Nitrógeno absorbido al someter los garbanzos a los diferentes procesos.

La Utilización Digestiva de la proteína, juzgada en función del **Coeficiente de Digestibilidad Aparente** (CDA), se ve empeorada al someter los garbanzos a 120°C durante 15 minutos (GPT) y no mejora con los procesos de remojo; sin embargo, los procesos de cocción, independientemente de la solución de remojo previo, mejoran significativamente ($p<0,05$) este índice.

4.3.1.3. UTILIZACION METABOLICA DE LA PROTEINA

En las tablas IV.1 a IV.8 aparecen los datos correspondientes a la excreción urinaria de nitrógeno, Balance, porcentaje de nitrógeno retenido del absorbido y porcentaje de nitrógeno retenido del ingerido.

La retención de Nitrógeno o **Balance** es del mismo orden en los grupos de GPT, GR y GRA que para los garbanzos crudos (GC), mejorando significativamente ($p<0,05$) con las cocciones así como con el remojo en medio básico (GRB).

Para los índices calculados de **Nitrógeno Retenido respecto al Absorbido** (R/A) y **Nitrógeno Retenido respecto al Ingerido** (R/I) se obtienen los mismos resultados que para el índice anterior, es decir, se produce una mejora significativa ($p<0,05$) con los procesos de cocción, así como con el remojo en medio básico.

4.3.2. UTILIZACION NUTRITIVA DEL CALCIO

4.3.2.1. INGESTA DE CALCIO

En las tablas V.1 a V.8 se expresan los datos correspondientes a la ingesta de calcio.

Al someter el Cicer arietinum a los diferentes procesos, bajo nuestras condiciones experimentales, se observa una mejora significativa ($p<0,05$) de la ingesta de alimento

respecto al garbanzo crudo, como ya se ha indicado anteriormente. La ingesta de calcio es resultante del contenido en este mineral de las dietas y, por tanto, de los resultados de ingesta de las mismas, ya comentados.

4.3.2.2. UTILIZACION DIGESTIVA DEL CALCIO

En las tablas V.1 a V.8 se especifican los valores de calcio fecal, calcio urinario, calcio absorbido y el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de este mineral, calculado a partir de ellos.

El **Coeficente de Digestibilidad Aparente** del calcio en el garbanzo crudo es del 83,5%. Al someter el garbanzo a los diferentes procesos, disminuye el valor del CDA de forma significativa ($p < 0,05$) en todos los grupos, excepto para el remojo en agua (GR), que no presenta diferencias significativas con respecto al crudo. La mayor disminución de este índice de digestibilidad tiene lugar en los procesos de remojo en ácido y básico seguidos de cocción (GRAC y GRBC).

4.3.2.3. UTILIZACION METABOLICA DEL CALCIO

4.3.2.3.1. Balance de Calcio

En las tablas V.1 a V.8 aparecen los datos correspondientes a la excreción urinaria de calcio, Balance, porcentaje de calcio retenido respecto al absorbido y porcentaje de calcio retenido del ingerido.

El valor del **Calcio retenido** es, en general, muy bajo, disminuyendo de forma significativa ($p<0,05$) en los grupos de remojo ácido solo o seguido de cocción (GRA y GRAC) y en el remojo básico seguido de cocción (GRBC) respecto al garbanzo crudo. Con el remojo en medio básico (GRB) se obtiene un balance significativamente ($p<0,05$) mejor al resto de los grupos.

La utilización metabólica del calcio, juzgada en función del **calcio retenido respecto al absorbido (%R/A)**, disminuye significativamente ($p<0,05$) en todos los casos respecto al garbanzo crudo, excepto con la dieta de remojo en medio básico (GRB), con la que aumenta significativamente ($p<0,05$) respecto a todos los demás grupos.

4.3.2.3.2. Contenido en calcio del fémur

En las tablas **VIII.1** a **VIII.8** se expresan los datos correspondientes al contenido en calcio del fémur.

Cuando se estudia el contenido en calcio del fémur, expresado por gramo de cenizas, de las ratas que consumen las dietas de garbanzos, tanto crudo como sometido a los diferentes remojos, solos o seguidos de cocción, se observa un valor significativamente ($p<0,05$) menor, al obtenido con una dieta control (AIN, 1977) con un 20% caseína + 0,5% DL-metionina ensayada por FERNANDEZ (1995), y con la que obtienen 522,8 $\pm$ 93,09 mg calcio/g ceniza.

El contenido en calcio del fémur de las ratas alimentadas con el garbanzo crudo y

sometido a los diferentes procesos ensayados, no presenta diferencias significativas entre sí.

4.3.2.3.3. Contenido de calcio en músculo *longissimus dorsi*

En las tablas IX.1 a IX.8 se expresan los datos correspondientes al contenido en calcio en músculo *longissimus dorsi*.

La ingesta de una dieta de garbanzo, tanto crudo como sometido a los diferentes procesos, provoca un descenso significativo del peso del músculo, respecto a una dieta control de caseína-metionina (FERNANDEZ, 1995). No existen diferencias significativas entre los músculos de los animales que consumen las distintas dietas preparadas con garbanzo crudo o sometido a tratamiento.

El contenido en calcio, por gramo de ceniza, está disminuido significativamente ($p<0,05$) en el músculo de todos los animales que consumen los garbanzos, tanto crudos como procesados, excepto para el caso del GRA, respecto a una dieta control (AIN, 1977) con un 20% caseina + 0,5% DL-metionina, ensayada por FERNANDEZ (1995) y con la obtuvieron 22,83 $\pm$ 4,86 mg Ca/g ceniza.

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos, bajo nuestras condiciones experimentales, no se observa, en general, cambios significativos en el contenido en calcio del músculo, expresado como mg Ca/g ceniza.

4.3.3. UTILIZACION NUTRITIVA DEL FOSFORO

4.3.3.1. INGESTA DE FOSFORO

En las tablas VI.1 a VI.8 se expresan los datos correspondientes a la ingesta de fósforo.

Bajo nuestras condiciones experimentales, los animales que consumen las dietas de garbanzo crudo (GC) y remojado en medio ácido, solo o seguido de cocción, presentan la menor cantidad de **fósforo total ingerido**, que es significativa respecto a los demás grupos. Esta ingesta de fósforo aumenta, significativamente, en los animales de los grupos de garbanzos sometidos a remojo en agua, solo o seguido de cocción (GR y GRC), y remojo básico seguido de cocción (GRBC). Por tanto, la mayor ingesta de fósforo corresponde, de forma significativa, a los grupos experimentales de garbanzos sometidos a P+T^a (GPT) y, fundamentalmente, a remojo básico (GRB). El grupo GRB tiene la mayor ingesta total y de fósforo, así como la mayor cantidad de fósforo.

4.3.3.2. UTILIZACION DIGESTIVA DEL FOSFORO

En las tablas VI.1 a VI.8 se especifican los valores de fósforo fecal, fósforo urinario, fósforo absorbido y el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de este mineral, calculado a partir de ellos.

La cantidad de **Fósforo absorbido**, en valores absolutos, presenta, de forma

significativa, los menores valores en los grupos de los procesos GC, GRA y GRAC, aumentándose significativamente ($p<0,05$) en los grupos de GR, GRC y GRBC; y siendo los procesos de P+T^a (GPT) y, principalmente, al remojo básico (GRB) con los que se consigue, de forma significativa, una mayor cantidad de fósforo absorbido.

Con el proceso de remojo en agua, solo o seguido de cocción (GR y GRC), así como con el remojo en medio básico seguido de cocción (GRBC) se mejora la cantidad de fósforo absorbido de forma significativa ($p<0,05$) respecto al remojo ácido, solo o seguido de cocción. Podemos observar que el calentamiento posterior a los remojos en agua y ácido, no modifica la absorción de fósforo, respecto a los mismos. Sin embargo, y al igual que veíamos para el índice de incremento de peso, la cocción posterior al remojo en medio básico frena los beneficios obtenido solo con este remojo en los garbanzos.

La utilización digestiva del fósforo juzgada en función del índice Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) disminuye significativamente ($p<0,05$) con el consumo de garbanzos remojados en medio ácido (GRA) respecto al garbanzo crudo y sometido a los demás procesos. El remojo en medio básico (GRB) mejora significativamente ($p<0,05$) el CDA, respecto al garbanzo crudo y a los otros remojos, a pesar de presentar este grupo la mayor ingesta de fósforo total. En general, el remojo básico y las cocciones mejoran la utilización digestiva del fósforo total.

4.3.3.3. UTILIZACION METABOLICA DEL FOSFORO

4.3.3.3.1. Balance de Fósforo

En las tablas VI.1 a VI.8 aparecen los datos correspondientes a la excreción urinaria de calcio, Balance, porcentaje de calcio retenido respecto al absorbido y porcentaje de calcio retenido del ingerido.

La **retención** de fósforo total se daña al someter el garbanzo a remojo en agua (GR) y medio ácido (GRA), ya que en estos grupos es significativamente ($p<0,05$) inferior a los demás; sin embargo, si estos procesos van seguidos de cocción (GRC y GRAC), se mejora la retención de P total de forma significativa, igualándose al valor obtenido con el garbanzo crudo. El remojo en medio básico (GRB) mejora la retención de fósforo y, si este proceso va seguido de cocción (GRBC), y al igual que hemos visto en anteriores parámetros, se empeora la retención aunque sigue siendo significativamente ($p<0,05$) mejor que con el garbanzo crudo. Al someter el garbanzo a P+T^a (GPT) se mejora significativamente ($p<0,05$) la retención de fósforo respecto al garbanzo crudo.

Si consideramos la proporción de fósforo total retenido respecto al absorbido (**% R/A**) vemos que el remojo en agua (GR) y ácido (GRA) dañan significativamente la retención de fósforo forzando su eliminación por orina. Al igual que veíamos antes, cuando estos procesos van seguidos de cocción (GRC y GRAC) mejoran el % R/A respecto a sus respectivos remojos, igualándose al valor obtenido con el garbanzo crudo. El proceso de remojo básico, tanto solo como seguido de cocción, mejora significativamente ($p<0,05$) la proporción de

fósforo retenido respecto al absorbido.

4.3.3.3.2. Contenido en fósforo del fémur

En las tablas VIII.1 a VIII.8 se expresan los datos correspondientes al contenido en fósforo del fémur.

Los mg P/g ceniza del fémur de las ratas que consumen el garbanzo crudo son similares a los de una dieta control de caseína-metionina (FERNANDEZ, 1995), con la que se obtienen 144,70 ± 18,61 mg P/g ceniza.

De los diferentes tratamientos, el de remojo básico + cocción presenta en menor valor de mgP/g cenizas, no existiendo diferencias significativas entre el resto de los procesos.

4.3.3.3.3. Contenido de fósforo en músculo *longissimus dorsi*

En las tablas IX.1 a IX.8 se expresan los datos correspondientes al contenido en fósforo en músculo *longissimus dorsi*.

Los mg P/g ceniza del músculo de las ratas que consumen el garbanzo crudo son similares a los de una dieta control de caseína-metionina (FERNANDEZ, 1995), con la que se obtienen 139,22 ± 18,42 mg P/g ceniza.

Dentro de los procesos, el remojo en agua+cocción presenta un menor nivel de éste

parámetro, no observándose variaciones importantes con el resto de los procesos.

4.3.4. UTILIZACION NUTRITIVA DEL MAGNESIO

4.3.4.1. INGESTA DE MAGNESIO

En las tablas **VII.1** a **VII.8** se expresan los datos correspondientes a la ingesta de magnesio.

Los animales que consumen las dietas de garbanzo sometido a presión+temperatura (GPT), remojo en agua (GR) y en medio básico (GRB), presentan una mayor cantidad de **Magnesio Ingerido** que es significativa ($p<0,05$) respecto a los demás grupos.

4.3.4.2. UTILIZACION DIGESTIVA DEL MAGNESIO

En las tablas **VII.1** a **VII.8** se especifican los valores de magnesio fecal, magnesio urinario, magnesio absorbido y el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de este mineral, calculado a partir de ellos.

El **Magnesio fecal** también presenta diferencias significativas entre los distintos grupos de forma que, los animales alimentados con dieta de garbanzo crudo (GC) o sometido a remojo seguido de cocción (GRC, GRAC y GRBC) presentan la menor excreción fecal de magnesio, la cual aumenta significativamente ($p<0,05$) en los grupos de remojo en medio ácido (GRA) y básico (GRB), alcanzando los mayores valores en los grupos de

presión+temperatura (GPT) y remojo básico (GRB), que son significativamente ($p<0,05$) superiores a los demás.

La cantidad de **Magnesio absorbido** en valores absolutos se ve disminuida, de forma significativa, en todos los grupos experimentales respecto al garbanzo crudo, excepto para el de remojo en agua (GR).

El **CDA** del magnesio del garbanzo crudo es de un 49,2% y disminuye significativamente ($p<0,05$) en todos los grupos respecto al mismo.

4.3.4.3. UTILIZACION METABOLICA DEL MAGNESIO

4.3.4.3.1. Balance de Magnesio

En las tablas VII.1 a VII.8 aparecen los datos correspondientes a la excreción urinaria de magnesio, porcentaje de magnesio retenido respecto al absorbido y porcentaje de magnesio retenido del ingerido.

La **retención de magnesio** es negativa en prácticamente la totalidad de los animales de experimentación.

4.3.3.3.2. Contenido en magnesio del fémur

En las tablas VIII.1 a VIII.8 se expresan los datos correspondientes al contenido en

magnesio del fémur.

El contenido en magnesio del fémur de las ratas alimentadas con el garbanzo crudo y sometido a los diferentes procesos ensayados, no presenta diferencias significativas entre sí.

4.3.3.3.3. Contenido de magnesio en músculo *longissimus dorsi*

En las tablas IX.1 a IX.8 se expresan los datos correspondientes al contenido en magnesio en músculo *longissimus dorsi*.

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos, bajo nuestras condiciones experimentales, no se observan cambios significativos en el contenido en calcio del músculo (expresado como mg Ca/g ceniza), respecto al garbanzo crudo, ni entre sí.

TABLA III.1. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
1	0,41	8,22	13,32	0,35
2	1,31	9,57	4,71	1,00
3	1,31	10,63	4,73	0,10
4	0,20	7,74	23,80	0,19
5	0,71	9,19	8,30	0,57
6	0,44	9,05	11,73	0,40
7	1,07	10,49	5,73	0,82
8	1,06	10,53	6,31	0,73
9	1,16	10,70	5,61	0,83
10	1,16	11,17	6,04	0,77
MEDIA	0,88	9,73	9,03	0,58
DS	0,13	0,37	1,89	0,10

TABLA III.2. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
11	0,29	10,19	27,83	0,16
12	1,81	11,20	4,24	1,05
13	1,14	10,10	7,07	0,63
14	1,43	11,02	5,09	0,88
15	1,43	9,89	4,98	0,90
16	1,00	10,36	6,37	0,70
17	0,57	10,44	10,78	0,41
18	0,43	11,59	15,28	0,29
19	0,29	11,96	28,88	0,15
20	1,71	11,16	4,10	1,09
MEDIA	1,01	10,79	11,46	0,63
DS	0,19	0,22	3,02	0,11

△ PESO = Incremento de peso
S.S.I. = Dieta ingerida en sustancia seca
I.T. = Indice de Transformación de Alimento
C.E.C. = Coeficiente de Eficacia en Crecimiento.

TABLA III.3. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
21	1,29	11,42	6,18	0,75
22	1,57	10,33	3,98	1,16
23	1,57	9,97	4,79	0,96
24	1,14	11,13	6,62	0,70
25	1,29	10,73	5,80	0,79
26	1,43	11,33	5,71	0,81
27	1,71	11,00	4,62	1,00
28	1,43	11,49	5,63	0,82
29	2,14	11,12	4,13	1,12
30	2,00	10,28	3,09	1,49
MEDIA	1,56	10,88	5,05	0,96
DS	0,10	0,17	0,35	0,08

TABLA III.4. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
31	1,71	10,33	3,80	1,17
32	1,14	10,22	5,64	0,79
33	1,14	10,90	5,53	0,80
34	1,14	10,94	5,17	0,87
35	1,00	10,23	6,29	0,71
36	1,29	10,37	4,39	1,01
37	1,57	10,87	3,98	1,12
38	1,86	9,60	3,65	1,22
39	1,00	10,40	6,19	0,72
40	1,29	11,77	5,17	0,86
MEDIA	1,31	10,56	4,98	0,93
DS	0,09	0,18	0,31	0,06

△ PESO = Incremento de peso
S.S.I. = Dieta ingerida en sustancia seca
I.T.= Indice de Transformación de Alimento
C.E.C. = Coeficiente de Eficacia en Crecimiento

TABLA III.5. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
41	2,57	11,61	3,12	1,41
42	2,43	12,42	3,76	1,16
43	3,86	11,09	2,29	1,92
44	2,57	13,83	3,82	1,15
45	4,00	12,74	2,42	1,81
46	2,57	12,64	3,54	1,24
47	3,86	12,10	2,27	1,93
48	2,57	12,12	3,25	1,35
49	3,00	11,24	2,90	1,51
50	2,43	12,08	3,76	1,17
MEDIA	2,99	12,19	3,11	1,46
DS	0,21	0,25	0,20	0,10

TABLA III.6. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRC).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
51	1,00	11,49	6,32	0,69
52	1,14	12,14	5,95	0,73
53	1,43	12,07	4,82	0,90
54	1,43	11,97	5,03	0,87
55	1,14	11,31	5,44	0,80
56	1,57	14,64	5,68	0,77
57	1,57	12,43	4,55	0,96
58	2,29	13,70	4,13	1,05
59	1,57	13,21	5,13	0,85
60	1,43	10,26	4,89	0,89
MEDIA	1,46	12,32	5,19	0,85
DS	0,11	0,40	0,21	0,03

△ PESO = Incremento de peso
S.S.I. = Dieta ingerida en sustancia seca
I.T. = Indice de Transformación de Alimento
C.E.C. = Coeficiente de Eficacia en Crecimiento

TABLA III.7. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
61	1,00	12,80	7,23	0,57
62	1,43	11,95	4,85	0,86
63	1,29	10,73	4,80	0,86
64	1,29	11,60	5,46	0,76
65	1,14	12,49	6,23	0,66
66	1,43	12,85	5,40	0,77
67	1,43	12,02	4,88	0,85
68	1,57	12,05	4,41	0,94
69	1,29	12,20	5,74	0,72
70	1,14	11,35	5,96	0,70
MEDIA	1,30	12,00	5,50	0,77
DS	0,05	0,21	0,26	0,03

TABLA III.8. INGESTA Y CAMBIOS PONDERALES EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

RATA Nº	△ PESO (g/dia)	S.S.I. (g/100g/d)	I.T.	C.E.C.
71	2,14	11,12	3,24	1,29
72	2,86	9,92	2,50	1,68
73	2,29	12,61	3,64	1,15
74	1,86	11,58	3,90	1,08
75	2,57	10,75	2,89	1,45
76	3,29	11,88	2,51	1,67
77	1,71	11,82	4,21	1,00
78	1,57	10,53	4,19	1,00
79	1,43	11,07	4,34	0,97
80	1,71	12,31	3,73	1,13
MEDIA	2,14	11,36	3,51	1,24
DS	0,19	0,26	0,22	0,09

△ PESO = Incremento de peso
S.S.I. = Dieta ingerida en sustancia seca
I.T. = Indice de Transformación de Alimento
C.E.C. = Coeficiente de Eficacia en Crecimiento

TABLA IV.1. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
1	429	184	34,1	111,3
2	464	208	28,9	121,4
3	450	210	38,1	111,3
4	359	162	31,1	103,3
5	374	198	32,5	117,4
6	799	174	38,0	82,7
7	829	208	52,3	84,8
8	1076	226	62,2	117,9
9	1090	221	64,8	112,1
10	857	237	54,4	118,7
MEDIA	673	203	43,6	108,1
DS	91,37	7,47	4,26	4,37

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
1	149,90	81,47	38,60	25,75	20,98
2	179,10	86,11	57,70	32,22	27,74
3	171,90	81,86	60,60	35,25	28,86
4	130,90	80,80	27,60	21,08	17,04
5	165,50	83,59	48,10	29,06	24,29
6	136,00	78,16	53,30	39,19	30,63
7	155,70	74,86	70,90	45,54	34,09
8	163,80	72,48	45,90	28,02	20,31
9	156,20	70,68	44,10	28,23	19,95
10	182,60	77,05	63,90	34,99	26,96
MEDIA	159,16	78,70	51,07	31,93	25,09
DS	5,39	1,57	4,07	2,24	1,73

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.2. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
11	871	285	67,6	130,7
12	1249	275	58,5	122,2
13	927	290	63,7	127,5
14	963	261	54,2	116,3
15	973	254	67,2	116,3
16	997	227	56,4	124,8
17	1149	221	55,6	131,2
18	1196	243	52,0	130,2
19	1366	296	87,9	183,2
20	1360	251	66,2	138,2
MEDIA	1105	259	62,9	136,6
DS	57.71	8,46	3,31	6,08

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
11	217,40	76,28	86,70	39,88	30,42
12	216,50	78,73	94,30	43,56	34,29
13	226,30	78,03	98,80	43,66	34,07
14	206,80	79,23	90,50	43,76	34,67
15	186,80	73,54	70,50	37,74	27,76
16	170,60	75,15	45,80	26,85	20,18
17	165,40	74,84	34,20	20,68	15,48
18	182,00	77,78	51,80	28,46	22,14
19	208,10	70,30	24,90	11,97	8,41
20	184,80	73,63	46,60	25,22	18,57
MEDIA	196,47	75,75	64,41	32,18	24,60
DS	6,70	0,89	8,56	3,52	2,86

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.3. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
21	1556	275,2	65,8	159,0
22	566	217,6	47,4	111,0
23	661	262,4	54,6	137,6
24	1421	262,4	46,7	156,8
25	1440	259,2	67,6	120,0
26	1486	283,2	51,6	172,9
27	1433	275,2	57,5	166,5
28	1637	280,0	61,1	159,6
29	1416	307,2	59,9	170,7
30	553	214,4	42,3	121,1
MEDIA	1217	263,7	55,5	147,5
DS	138,05	9,06	2,67	7,30

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
21	209,4	76,09	50,40	24,07	18,31
22	170,2	78,22	59,20	34,78	27,21
23	207,8	79,19	70,20	33,78	26,75
24	215,7	82,20	58,90	27,31	22,45
25	191,6	73,92	71,60	37,37	27,62
26	231,6	81,78	58,70	25,35	20,73
27	217,7	79,11	51,20	23,52	18,60
28	218,9	78,18	59,30	27,09	21,18
29	247,3	80,50	76,60	30,97	24,93
30	172,1	80,27	51,00	29,63	23,79
MEDIA	208,2	78,95	60,71	29,39	23,16
DS	7,72	0,80	2,91	1,50	1,09

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.4. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
31	730	233,6	53,6	84,6
32	1166	230,4	58,8	116,2
33	1283	227,2	50,2	124,4
34	1071	211,2	47,5	118,4
35	1199	225,6	42,5	142,4
36	1053	203,2	45,3	108,0
37	1136	224,0	39,6	136,4
38	969	243,2	48,9	142,9
39	1016	222,4	42,5	137,5
40	1221	238,4	45,6	142,4
MEDIA	1084	225,9	47,5	125,3
DS	50,04	3,78	1,81	6,01

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
31	180,0	77,05	95,40	53,00	40,84
32	171,6	74,48	55,40	32,28	24,05
33	177,0	77,90	52,60	29,72	23,15
34	163,7	77,51	45,30	27,67	21,45
35	183,1	81,16	40,70	22,23	18,04
36	157,9	77,71	49,90	31,60	24,56
37	184,4	82,32	48,00	26,03	21,43
38	194,3	79,89	51,40	26,45	21,13
39	179,9	80,89	42,40	23,57	19,06
40	192,8	80,87	50,40	26,14	21,14
MEDIA	178,5	78,98	53,15	29,87	23,49
DS	3,66	0,77	4,91	2,76	2,03

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.5. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
41	1354	292,8	58,4	138,0
42	1907	334,4	82,5	157,1
43	1289	321,6	55,6	127,6
44	2003	358,4	75,9	151,1
45	1370	353,6	61,7	144,0
46	1811	332,8	66,8	169,1
47	1010	320,0	47,3	135,3
48	1507	305,6	50,4	156,0
49	1616	318,4	67,7	148,4
50	1827	332,8	64,8	153,3
MEDIA	1569	327,0	63,1	148,0
DS	100,6	6,32	3,45	3,83

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
41	243,4	80,05	96,40	41,13	32,92
42	251,9	75,33	94,80	37,63	28,35
43	266,0	82,71	138,40	52,03	43,03
44	282,5	78,82	131,40	46,51	36,66
45	291,9	82,55	147,90	50,67	41,83
46	266,0	79,93	96,90	36,43	29,12
47	272,7	85,22	137,40	50,39	42,94
48	255,2	83,51	99,20	38,87	32,46
49	250,7	78,74	102,30	40,81	32,13
50	268,0	80,53	114,70	42,80	34,47
MEDIA	263,9	80,74	115,94	43,73	35,39
DS	5,27	0,90	6,57	1,82	1,74

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.6. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
51	1432,7	232	49,1	95,5
52	1349,1	250	45,3	115,2
53	1478,2	253	40,3	154,1
54	1525,1	264	43,7	143,2
55	1396,7	228	39,0	129,2
56	1012,4	328	35,8	144,3
57	1491,3	263	38,0	156,7
58	1401,1	347	49,0	150,5
59	1619,3	296	82,0	85,9
60	1521,5	256	49,6	147,9
MEDIA	1422,7	272	47,2	132,2
DS	51,82	12,52	4,18	7,97

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
51	182,9	78,84	87,40	47,79	37,67
5.	204,7	81,88	89,50	43,72	35,80
53	212,7	84,07	58,60	27,55	23,16
54	220,3	83,45	77,10	35,00	29,20
55	189,0	82,89	59,80	31,64	26,23
56	292,2	89,09	147,90	50,62	45,09
57	225,0	85,55	68,30	30,36	25,97
58	298,0	85,88	147,50	49,50	42,51
59	214,0	72,30	128,10	59,86	43,28
60	206,4	80,53	58,50	28,34	22,85
MEDIA	224,5	82,46	92,27	40,44	33,18
DS	12,46	1,45	11,35	3,57	2,75

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.7. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
61	1544	279,0	53,5	122,5
62	1354	267,2	44,3	123,5
63	1280	238,4	39,2	133,9
64	1399	270,4	52,4	92,9
65	1588	275,2	55,8	117,3
66	1371	297,6	43,8	153,6
67	1528	268,8	37,0	150,5
68	1462	267,2	35,8	159,3
69	1469	284,8	46,7	140,8
70	1532	262,4	49,4	135,6
MEDIA	1453	271,1	45,8	133,0
DS	31,28	4,89	2,22	6,28

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
61	225,5	80,82	103,00	45,68	36,92
62	222,9	83,42	99,40	44,59	37,20
63	199,2	83,56	65,30	32,78	27,39
64	218,0	80,62	125,10	57,39	46,26
65	219,4	79,72	102,10	46,54	37,10
66	253,8	85,28	100,20	39,48	33,67
67	231,8	86,24	81,30	35,07	30,25
68	231,4	86,60	72,10	31,16	26,98
69	238,1	83,60	97,28	40,86	34,16
70	213,0	81,17	77,40	36,34	29,50
MEDIA	225,3	83,10	92,32	40,99	33,94
DS	4,69	0,77	5,68	2,49	1,84

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA IV.8. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL NITROGENO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso Heces (mg/dia)	N ingerido (mg/dia)	N fecal (mg/dia)	N urinario (mg/dia)
71	1186	264,9	36,9	126,6
72	1150	272,1	47,8	114,2
73	1751	317,1	47,6	155,2
74	1560	275,9	37,6	137,0
75	1287	282,8	40,2	153,6
76	1268	314,8	46,6	102,2
77	1803	274,8	46,1	139,1
78	1346	250,8	34,5	154,1
79	1273	236,3	39,1	114,7
80	1343	243,9	44,3	110,0
MEDIA	1397	273,3	42,1	130,7
DS	72,43	8,53	1,57	6,30

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	N absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
71	228,0	86,07	101,40	44,47	38,28
72	224,3	82,44	110,11	49,09	40,47
73	269,5	84,99	114,30	42,41	36,05
74	238,3	86,37	101,30	42,51	36,72
75	242,6	85,79	89,00	36,69	31,47
76	268,2	85,20	166,00	61,89	52,73
77	228,7	83,22	89,60	39,18	32,61
78	216,3	86,24	62,20	28,76	24,80
79	197,2	83,46	82,51	41,84	34,92
80	199,6	81,84	89,60	44,89	36,74
MEDIA	231,3	84,56	100,60	43,17	36,48
DS	7,79	0,53	8,65	2,71	2,27

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Nitrógeno Retenido en función del Ingerido

TABLA V.1. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
1	429	7,45	0,70	1,05
2	464	8,40	0,85	0,95
3	450	8,46	0,93	0,92
4	359	6,49	0,59	0,83
5	374	8,03	0,81	1,01
6	799	7,04	0,75	1,65
7	829	8,36	1,88	1,18
8	1076	9,13	3,09	1,14
9	1090	8,88	2,64	1,06
10	857	9,56	1,82	1,37
MEDIA	673	8,18	1,41	1,12
DS	91,37	0,30	0,28	0,08

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
1	6,75	90,60	5,70	84,44	76,51
2	7,55	89,88	6,60	87,42	78,57
3	7,53	89,01	6,61	87,78	78,13
4	5,90	90,91	5,07	85,93	78,12
5	7,22	89,91	6,21	86,01	77,33
6	6,29	89,35	4,64	73,77	65,91
7	6,48	77,51	5,30	81,79	63,40
8	6,04	66,16	4,90	81,13	53,67
9	6,24	70,27	5,18	83,01	58,33
10	7,74	80,96	6,37	82,30	66,63
MEDIA	6,77	83,46	5,66	83,36	69,66
DS	0,22	2,92	0,23	1,30	2,93

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.2. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
11	871	10,66	1,51	1,78
12	1249	10,31	2,01	1,66
13	927	10,84	1,09	1,90
14	963	9,75	1,59	1,78
15	973	9,56	1,44	1,37
16	997	8,54	1,87	1,48
17	1149	8,26	1,97	1,41
18	1196	8,78	1,76	1,29
19	1366	11,06	3,78	1,84
20	1360	9,43	4,99	1,55
MEDIA	829	9,72	2,20	1,61
DS	57,71	0,31	0,38	0,07

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
11	9,15	85,83	7,37	80,55	69,14
12	8,30	80,50	6,64	80,00	64,40
13	9,75	89,94	7,85	80,51	72,42
14	8,16	83,69	6,38	78,19	65,44
15	8,12	84,94	6,75	83,13	70,61
16	6,67	78,10	5,19	77,81	60,77
17	6,29	76,15	4,88	77,58	59,08
18	7,02	79,95	5,73	81,62	65,26
19	7,28	65,82	5,44	74,73	49,19
20	4,44	47,08	2,89	65,09	30,65
MEDIA	7,52	77,20	5,91	77,92	60,69
DS	0,48	3,94	0,45	1,61	3,95

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.3. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
21	1556	9,30	1,75	1,59
22	566	7,33	0,89	1,53
23	661	8,82	1,07	1,76
24	1421	8,87	1,55	1,62
25	1440	8,74	2,01	1,70
26	1486	9,56	2,06	1,81
27	1433	9,28	1,90	1,45
28	1637	9,41	2,00	1,90
29	1416	10,36	1,86	1,45
30	553	7,23	0,69	1,37
MEDIA	1217	8,89	1,58	1,62
DS	138,04	0,31	0,16	0,05

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
21	7,55	81,18	5,96	78,94	64,09
22	6,44	87,86	4,91	76,24	66,98
23	7,75	87,87	5,99	77,29	67,91
24	7,32	82,53	5,70	77,87	64,26
25	6,73	77,00	5,03	74,74	57,55
26	7,50	78,45	5,69	75,87	59,52
27	7,38	79,53	5,93	80,35	63,90
28	7,41	78,75	5,51	74,36	58,55
29	8,50	82,05	7,05	82,94	68,05
30	6,54	90,46	5,17	79,05	71,51
MEDIA	7,31	82,57	5,69	77,77	64,23
DS	0,19	1,46	0,19	0,84	1,44

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.4. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
31	730	6,83	1,20	1,33
32	1166	6,76	1,89	1,36
33	1283	6,64	1,39	1,36
34	1071	6,20	1,55	1,42
35	1199	6,60	1,70	1,37
36	1053	5,93	1,49	1,10
37	1136	6,56	1,24	1,45
38	969	7,10	1,22	1,48
39	1016	6,50	1,17	1,45
40	1221	6,97	1,39	1,39
MEDIA	1084	6,61	1,42	1,37
DS	50,04	0,11	0,07	0,03

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
31	5,63	82,43	4,30	76,38	62,96
32	4,87	72,04	3,51	72,07	51,92
33	5,25	79,07	3,89	74,10	58,58
34	4,65	75,00	3,23	69,46	52,10
35	4,90	74,24	3,53	72,04	53,48
36	4,44	74,87	3,34	75,23	56,32
37	5,32	81,10	3,87	72,74	58,99
38	5,88	82,82	4,40	74,83	61,97
39	5,33	82,00	3,88	72,80	59,69
40	5,58	80,06	4,19	75,09	60,11
MEDIA	5,19	78,36	3,81	73,47	57,61
DS	0,15	1,25	0,13	0,64	1,26

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.5. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
41	1354	9,19	1,74	1,00
42	1907	10,48	2,53	0,94
43	1289	10,12	1,58	0,97
44	2003	11,26	2,74	0,88
45	1370	11,10	1,85	1,02
46	1811	10,44	2,64	1,66
47	1010	10,06	0,87	1,16
48	1507	9,59	2,26	1,19
49	1616	9,99	2,43	1,06
50	1827	10,46	2,28	1,33
MEDIA	1569	10,27	2,09	1,12
DS	100,58	0,20	0,18	0,07

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
41	7,45	81,07	6,45	86,58	70,18
42	7,95	75,86	7,01	88,18	66,89
43	8,54	84,39	7,57	88,64	74,80
44	8,52	75,67	7,64	89,67	67,85
45	9,25	83,33	8,23	88,97	74,14
46	7,80	74,71	6,14	78,72	58,81
47	9,19	91,35	8,03	87,38	79,82
48	7,33	76,43	6,14	83,77	64,03
49	7,56	75,68	6,50	85,98	65,07
50	8,18	78,20	6,85	83,74	65,49
MEDIA	8,18	79,67	7,06	86,16	68,71
DS	0,22	1,69	0,24	1,05	1,94

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.6. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
51	1433	7,78	1,73	1,33
52	1349	8,37	1,82	1,60
53	1478	8,47	1,81	1,18
54	1525	8,84	2,13	1,30
55	1397	7,65	2,17	1,25
56	1012	10,99	1,01	1,33
57	1491	8,80	2,27	1,71
58	1401	11,63	1,91	2,09
59	1619	9,92	2,85	2,97
60	1522	8,59	2,06	1,74
MEDIA	1423	9,10	1,98	1,65
DS	51,82	0,42	0,15	0,17

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
51	6,05	77,76	4,72	78,02	60,67
52	6,55	78,26	4,95	75,57	59,14
53	6,66	78,63	5,48	82,28	64,70
54	6,71	75,90	5,41	80,63	61,20
55	5,48	71,63	4,23	77,19	55,29
56	9,98	90,81	8,65	86,67	78,71
57	6,53	74,20	4,82	73,81	54,77
58	9,72	83,58	7,63	78,50	65,61
59	7,07	71,27	4,10	57,99	41,33
60	6,53	76,02	4,79	73,35	55,76
MEDIA	7,13	77,81	5,48	76,40	59,72
DS	0,47	1,84	0,47	2,41	3,02

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.7. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
61	1544	7,30	1,95	1,90
62	1354	6,99	1,83	1,83
63	1280	6,23	1,42	1,37
64	1399	7,08	2,00	1,64
65	1588	7,18	2,28	1,77
66	1371	7,78	1,98	1,44
67	1528	7,04	2,31	2,08
68	1462	7,00	1,80	1,55
69	1469	7,45	1,75	2,14
70	1532	6,88	2,11	1,58
MEDIA	1453	7,09	1,94	1,73
DS	31,28	0,13	0,08	0,08

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
61	5,35	73,29	3,45	64,49	47,26
62	5,16	73,82	3,33	64,53	47,64
63	4,81	77,21	3,44	71,52	55,22
64	5,08	71,75	3,44	67,72	48,59
65	4,90	68,25	3,13	63,88	43,59
66	5,80	74,55	4,36	75,17	56,04
67	4,73	67,19	2,65	56,03	37,64
68	5,20	74,29	3,65	70,19	52,14
69	5,70	76,51	3,56	62,46	47,79
70	4,77	69,33	3,19	66,88	46,37
MEDIA	5,15	72,62	3,42	66,29	48,23
DS	0,12	1,08	0,14	1,69	1,71

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA V.8. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL CALCIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Ca inger. (mg/dia)	Ca fecal (mg/dia)	Ca urinar. (mg/dia)
71	1186	7,24	1,88	2,11
72	1150	7,44	2,01	1,24
73	1751	8,67	2,56	1,87
74	1560	7,54	1,92	1,56
75	1287	7,73	2,57	1,31
76	1268	8,60	2,47	1,33
77	1803	7,51	2,51	1,29
78	1346	6,85	1,86	1,02
79	1273	6,46	2,01	1,44
80	1343	6,67	2,14	1,69
MEDIA	1397	7,47	2,19	1,49
DS	72,43	0,23	0,09	0,10

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Ca absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
71	5,36	74,03	3,25	60,63	44,89
72	5,43	72,98	4,19	77,16	56,32
73	6,11	70,47	4,24	69,39	48,90
74	5,62	74,54	4,06	72,24	53,85
75	5,16	66,75	3,85	74,61	49,81
76	6,13	71,28	4,80	78,30	55,81
77	5,00	66,58	3,71	74,20	49,40
78	4,99	72,85	3,97	79,56	57,96
79	4,45	68,89	3,01	67,64	46,59
80	4,53	67,92	2,84	62,69	42,58
MEDIA	5,28	70,63	3,79	71,64	50,61
DS	0,18	0,94	0,19	2,04	1,64

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Calcio Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.1. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
1	429	16,50	3,39	7,70
2	464	18,59	3,59	7,94
3	450	18,71	4,60	6,34
4	359	14,37	4,09	7,04
5	374	17,80	4,17	5,61
6	799	15,60	3,11	6,86
7	829	18,51	4,15	6,62
8	1076	20,21	4,39	10,28
9	1090	17,04	3,39	8,40
10	857	21,16	3,31	9,44
MEDIA	673	17,85	3,82	7,62
DS	91,37	0,65	0,16	0,46

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
1	13,11	79,45	5,41	41,27	32,79
2	15,00	80,69	7,06	47,07	37,98
3	14,11	75,41	7,77	55,07	41,53
4	10,28	71,54	3,24	31,52	22,55
5	13,63	76,57	8,02	58,84	45,06
6	12,49	80,06	5,63	45,08	36,09
7	14,36	77,58	7,74	53,90	41,82
8	15,82	78,28	5,54	35,02	27,41
9	13,65	80,11	5,25	38,46	30,81
10	17,85	84,36	8,41	47,11	39,74
MEDIA	14,03	78,41	6,41	45,33	35,58
DS	0,64	1,09	0,52	2,82	2,25

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.2. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
11	871	25,13	5,20	10,79
12	1249	24,31	5,37	10,38
13	927	25,54	3,71	10,70
14	963	22,98	4,39	10,12
15	973	22,53	4,70	10,47
16	997	20,13	4,71	10,12
17	1149	19,47	3,62	10,00
18	1196	20,71	3,17	10,19
19	1366	26,08	6,51	8,85
20	1360	22,24	5,19	10,00
MEDIA	829	22,91	4,66	10,16
DS	57,71	0,74	0,31	0,17

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
11	19,93	79,31	9,14	45,86	36,37
12	18,94	77,91	8,56	45,20	35,21
13	21,83	85,47	11,13	50,98	43,58
14	18,59	80,90	8,47	45,56	36,86
15	17,83	79,14	7,36	41,28	32,67
16	15,42	76,60	5,30	34,37	26,33
17	15,85	81,41	5,85	36,91	30,05
18	17,54	84,69	7,35	41,90	35,49
19	19,57	75,04	10,72	54,78	41,10
20	17,05	76,66	7,05	41,35	31,70
MEDIA	18,26	79,71	8,09	43,82	34,94
DS	0,61	1,09	0,60	1,93	1,61

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.3. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

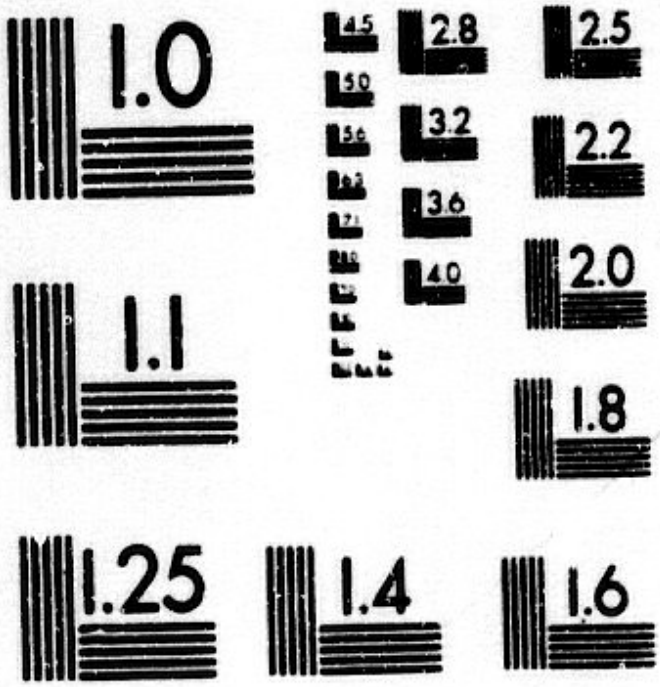
DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
21	1556	21,81	3,73	15,82
22	566	17,19	5,19	8,14
23	661	20,68	6,00	10,42
24	1421	20,80	3,59	14,69
25	1440	20,49	4,04	12,03
26	1486	22,43	3,42	15,24
27	1433	21,77	3,23	15,58
28	1637	22,08	3,19	15,76
29	1416	24,29	3,85	15,53
30	553	16,96	4,41	9,64
MEDIA	1217	20,85	4,07	13,29
DS	138,04	0,72	0,29	0,93

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
21	18,08	82,90	2,26	12,50	10,36
22	12,00	69,81	3,86	32,17	22,45
23	14,68	70,99	4,26	29,02	20,60
24	17,21	82,74	2,52	14,64	12,12
25	16,45	80,28	4,42	26,87	21,57
26	19,01	84,75	3,77	19,83	16,81
27	18,54	85,16	2,96	15,97	13,60
28	18,89	85,55	3,13	16,57	14,18
29	20,44	84,15	4,91	24,02	20,21
30	12,55	74,00	2,91	23,19	17,16
MEDIA	16,79	80,03	3,50	21,48	16,91
DS	0,90	1,93	0,28	2,09	1,34

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

TABLA VI.3. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
21	1556	21,81	3,73	15,82
22	566	17,19	5,19	8,14
23	661	20,68	6,00	10,42
24	1421	20,80	3,59	14,69
25	1440	20,49	4,04	12,03
26	1486	22,43	3,42	15,24
27	1433	21,77	3,23	15,58
28	1637	22,08	3,19	15,76
29	1416	24,29	3,85	15,53
30	553	16,96	4,41	9,64
MEDIA	1217	20,85	4,07	13,29
DS	138,04	0,72	0,29	0,93

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
21	18,08	82,90	2,26	12,50	10,36
22	12,00	69,81	3,86	32,17	22,45
23	14,68	70,99	4,26	29,02	20,60
24	17,21	82,74	2,52	14,64	12,12
25	16,45	80,28	4,42	26,87	21,57
26	19,01	84,75	3,77	19,83	16,81
27	18,54	85,16	2,96	15,97	13,60
28	18,89	85,55	3,13	16,57	14,18
29	20,44	84,15	4,91	24,02	20,21
30	12,55	74,00	2,91	23,19	17,16
MEDIA	16,79	80,03	3,50	21,48	16,91
DS	0,90	1,93	0,28	2,09	1,34

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.4. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
31	730	17,85	4,55	7,02
32	1166	17,66	5,91	8,75
33	1283	17,34	4,33	9,91
34	1071	16,20	4,51	9,33
35	1199	17,25	3,82	11,48
36	1053	15,48	4,60	8,28
37	1136	17,14	3,78	10,54
38	969	18,56	3,09	10,75
39	1016	16,98	5,33	10,69
40	1221	18,22	5,10	11,22
MEDIA	1084	17,27	4,50	9,80
DS	50,04	0,29	0,26	0,45

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
31	13,30	74,51	6,28	47,22	35,18
32	11,75	66,53	3,00	25,53	16,99
33	13,01	75,03	3,10	23,83	17,88
34	11,69	72,16	2,36	20,19	14,57
35	13,43	77,86	1,95	14,52	11,30
36	10,88	70,28	2,60	23,90	16,80
37	13,36	77,95	2,82	21,11	16,45
38	15,47	83,35	4,72	30,51	25,43
39	11,65	68,61	0,96	8,24	5,65
40	13,12	72,01	1,90	14,48	10,43
MEDIA	12,77	73,83	2,97	22,95	17,07
DS	0,42	1,58	0,48	3,37	2,61

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.5. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
41	1354	24,06	3,79	10,33
42	1907	27,43	4,87	12,16
43	1289	26,50	4,00	8,13
44	2003	29,50	7,12	11,74
45	1370	29,08	4,75	9,83
46	1811	27,35	4,58	12,75
47	1010	26,34	3,61	8,60
48	1507	25,11	3,15	12,46
49	1616	26,17	5,09	11,10
50	1827	27,39	4,87	13,05
MEDIA	1569	26,89	4,58	11,02
DS	100,58	0,52	0,35	0,55

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
41	20,27	84,25	9,94	49,04	41,31
42	22,56	82,25	10,40	46,10	37,91
43	22,50	84,91	14,37	63,87	54,23
44	22,38	75,86	10,64	47,54	36,07
45	24,33	83,67	14,50	59,60	49,86
46	22,77	83,25	10,02	44,01	36,64
47	22,73	86,29	14,13	62,16	53,64
48	21,96	87,46	9,50	43,26	37,83
49	21,08	80,55	9,98	47,34	38,14
50	22,52	82,22	9,47	42,05	34,57
MEDIA	22,31	83,07	11,30	50,50	42,02
DS	0,34	1,02	0,67	2,59	2,39

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.6. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
51	1433	16,96	2,98	6,82
52	1349	18,24	3,33	8,28
53	1478	18,45	2,93	10,77
54	1525	19,25	2,85	10,14
55	1397	16,67	4,07	9,49
56	1012	23,95	2,05	9,20
57	1491	19,18	2,45	10,77
58	1401	22,91	2,61	10,01
59	1619	21,62	4,67	4,96
60	1522	18,71	3,31	9,29
MEDIA	1423	19,59	3,13	8,97
DS	51,82	0,77	0,24	0,58

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
51	13,98	82,43	7,16	51,22	42,22
52	14,91	81,74	6,63	44,47	36,35
53	15,52	84,12	4,75	30,61	25,75
54	16,40	85,19	6,26	38,17	32,52
55	12,60	75,58	3,11	24,68	18,66
56	21,90	91,44	12,70	57,99	53,03
57	16,73	87,23	5,96	35,62	31,07
58	20,30	88,61	10,29	50,69	44,91
59	16,95	78,40	11,99	70,74	55,46
60	15,40	82,31	6,11	39,68	32,66
MEDIA	16,47	83,71	7,50	44,39	37,26
DS	0,88	1,49	0,99	4,32	3,69

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.7. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
61	1544	18,75	3,67	7,57
62	1354	17,97	3,61	7,81
63	1280	16,00	3,14	8,52
64	1399	17,09	3,44	6,60
65	1588	18,46	4,25	7,86
66	1371	19,99	3,22	9,27
67	1528	18,09	3,20	9,22
68	1462	17,98	2,42	9,45
69	1469	19,15	3,71	8,29
70	1532	17,68	3,36	7,31
MEDIA	1453	18,12	3,40	8,19
DS	31,28	0,35	0,15	0,30

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
61	15,08	80,43	7,51	49,80	40,05
62	14,36	79,91	6,55	45,61	36,45
63	12,86	80,38	4,34	33,75	27,13
64	13,65	79,87	7,05	51,65	41,25
65	14,21	76,98	6,35	44,69	34,40
66	16,77	83,89	7,50	44,72	37,52
67	14,89	82,31	5,67	38,08	31,34
68	15,56	86,54	6,11	39,27	33,98
69	15,44	80,63	7,15	46,31	37,34
70	14,32	81,00	7,01	48,95	39,65
MEDIA	14,71	81,19	6,52	44,28	35,91
DS	0,35	0,82	0,31	1,79	1,37

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VI.8. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL FOSFORO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	P inger. (mg/dia)	P fecal (mg/dia)	P urinar. (mg/dia)
71	1186	19,20	2,92	7,93
72	1150	19,72	3,93	6,26
73	1751	22,99	3,95	8,89
74	1560	19,99	3,32	7,69
75	1287	20,50	2,99	8,58
76	1268	22,80	5,46	5,39
77	1803	19,91	3,56	8,65
78	1346	18,17	2,87	8,80
79	1273	17,13	3,43	7,04
80	1343	17,69	4,03	6,06
MEDIA	1397	19,81	3,65	7,53
DS	72,43	0,62	0,24	0,40

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	P absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
71	16,28	84,79	8,35	51,29	43,49
72	15,79	80,70	9,53	60,35	48,33
73	19,04	82,82	10,15	53,31	44,15
74	16,67	83,39	8,98	53,87	44,92
75	17,51	85,41	8,93	51,00	43,56
76	17,34	76,05	11,95	68,92	52,41
77	16,35	82,12	7,70	47,09	38,67
78	15,30	84,20	6,50	42,48	35,77
79	13,70	79,98	6,66	48,61	38,88
80	13,66	77,22	7,60	55,64	42,96
MEDIA	16,16	81,61	8,64	53,26	43,32
DS	0,53	1,01	0,52	2,32	1,53

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Fósforo Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.1. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
1	429	7,34	2,51	5,95
2	464	8,27	3,44	5,29
3	450	8,32	2,70	5,86
4	359	6,39	2,73	4,14
5	374	7,92	2,93	4,57
6	799	6,94	4,46	2,86
7	829	8,24	4,98	3,14
8	1076	8,99	6,46	3,14
9	1090	8,75	5,96	3,14
10	857	9,41	5,24	4,14
MEDIA	673	8,06	4,14	4,22
DS	91,37	0,30	0,46	0,37

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
1	4,83	65,80	-1,12	-	-
2	4,83	58,40	-0,46	-	-
3	5,62	67,55	-0,24	-	-
4	3,66	57,28	-0,48	-	-
5	4,99	63,01	0,42	8,42	5,30
6	2,48	35,73	-0,38	-	-
7	3,26	39,56	0,12	3,68	1,46
8	2,53	28,14	-0,61	-	-
9	2,79	31,89	-0,35	-	-
10	4,17	44,31	0,03	0,72	0,32
MEDIA	3,92	49,17	-0,31	-	-
DS	0,36	4,71	0,14	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.2. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
11	871	11,10	5,82	6,00
12	1249	10,73	8,28	4,14
13	927	11,28	4,05	5,57
14	963	10,15	5,74	4,29
15	973	9,95	6,05	4,43
16	997	8,89	6,91	3,43
17	1149	8,59	7,14	3,43
18	1196	9,14	6,35	3,71
19	1366	11,51	12,24	3,43
20	1360	9,82	9,82	4,43
MEDIA	829	10,12	7,24	4,29
DS	57,71	0,33	0,74	0,28

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
11	5,28	47,57	-0,72	-	-
12	2,45	22,83	-1,69	-	-
13	7,23	64,10	1,66	22,96	14,72
14	4,41	43,45	0,12	2,72	1,18
15	3,90	39,20	-0,53	-	-
16	1,98	22,27	-1,45	-	-
17	1,45	16,88	-1,98	-	-
18	2,79	30,53	-0,92	-	-
19	-0,73	-6,34	-4,16	-	-
20	0,00	0,00	-4,43	0,00	-
MEDIA	2,88	28,05	-1,41	-	-
DS	0,76	6,83	0,58	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.3. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
21	1556	10,02	7,36	3,71
22	566	7,90	4,03	5,00
23	661	9,50	4,04	6,86
24	1421	9,50	6,57	4,86
25	1440	9,42	6,23	3,86
26	1486	10,31	7,40	4,71
27	1433	10,00	6,93	4,14
28	1637	10,15	6,84	4,43
29	1416	11,16	6,87	5,57
30	553	7,79	3,14	6,14
MEDIA	1217	9,58	5,94	4,93
DS	138,04	0,33	0,50	0,32

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
21	2,66	26,55	-1,05	-	-
22	3,87	48,99	-1,13	-	-
23	5,46	57,47	-1,40	-	-
24	2,99	31,28	-1,87	-	-
25	3,19	33,86	-0,67	-	-
26	2,91	28,23	-1,80	-	-
27	3,07	30,70	-1,07	-	-
28	3,31	32,61	-1,12	-	-
29	4,29	38,44	-1,28	-	-
30	4,65	59,69	-1,49	-	-
MEDIA	3,64	38,78	-1,29	-	-
DS	0,29	3,85	0,12	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.4. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
31	730	7,77	4,27	3,43
32	1166	7,69	5,56	3,14
33	1283	7,55	5,90	3,29
34	1071	7,06	5,19	3,00
35	1199	7,51	5,70	3,86
36	1053	6,74	4,96	2,57
37	1136	7,46	4,92	4,00
38	969	8,09	4,68	4,86
39	1016	7,40	4,79	4,29
40	1221	7,94	5,43	3,43
MEDIA	1084	7,52	5,14	3,59
DS	50,04	0,13	0,16	0,21

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
31	3,50	45,05	0,07	2,00	0,90
32	2,13	27,70	-1,01	-	-
33	1,65	21,85	-1,64	-	-
34	1,87	26,49	-1,13	-	-
35	1,81	24,10	-2,05	-	-
36	1,78	26,41	-0,79	-	-
37	2,54	34,05	-1,46	-	-
38	3,41	42,15	-1,45	-	-
39	2,61	35,27	-1,68	-	-
40	2,51	31,61	-0,92	-	-
MEDIA	2,38	31,47	-1,21	-	-
DS	0,21	2,43	0,19	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.5. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
41	1354	10,36	7,25	3,71
42	1907	11,82	10,82	3,57
43	1289	11,42	7,60	3,86
44	2003	12,71	12,65	3,43
45	1370	12,53	8,06	4,43
46	1811	11,78	9,49	4,29
47	1010	11,35	6,41	4,29
48	1507	10,82	6,21	4,43
49	1616	11,27	9,84	4,00
50	1827	11,80	10,16	4,14
MEDIA	1569	11,59	8,85	4,02
DS	100,58	0,23	0,66	0,11

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
41	3,11	30,02	-0,60	-	-
42	1,00	8,46	-2,57	-	-
43	3,82	33,45	-0,04	-	-
44	0,06	0,47	-3,37	-	-
45	4,47	35,67	0,04	0,89	0,32
46	2,29	19,44	-2,00	-	-
47	4,94	43,52	0,65	13,16	5,73
48	4,61	42,61	0,18	3,90	1,66
49	1,43	12,69	-2,57	-	-
50	1,64	13,90	-2,50	-	-
MEDIA	2,74	24,02	-1,28	-	-
DS	0,54	4,76	0,46	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.6. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
51	1433	6,65	4,16	1,86
52	1349	7,15	5,35	2,00
53	1478	7,24	5,39	2,57
54	1525	7,55	5,29	2,71
55	1397	6,54	5,26	2,14
56	1012	9,39	3,05	3,71
57	1491	7,52	5,32	2,71
58	1401	9,93	5,25	3,00
59	1619	8,92	5,97	3,00
60	1522	7,72	5,27	2,43
MEDIA	1423	7,86	5,03	2,61
DS	51,82	0,37	0,26	0,17

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
51	2,49	37,44	0,63	25,30	9,47
52	1,80	25,17	-0,20	-	-
53	1,85	25,55	-0,72	-	-
54	2,26	29,93	-0,45	-	-
55	1,28	19,57	-0,86	-	-
56	3,34	67,52	2,63	41,48	28,01
57	2,20	29,26	-0,51	-	-
58	4,68	47,13	1,68	35,90	16,92
59	2,95	33,07	-0,05	-	-
60	2,45	31,74	0,02	0,82	0,26
MEDIA	2,83	34,64	0,22	-	-
DS	0,48	4,35	0,36	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.7. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
61	1544	7,11	4,68	2,43
62	1354	6,82	3,88	2,43
63	1280	6,07	4,27	1,71
64	1399	6,91	3,86	2,14
65	1588	7,00	4,77	2,00
66	1371	7,59	4,78	2,86
67	1528	6,86	4,85	2,29
68	1462	6,82	4,55	2,29
69	1469	7,27	4,17	3,14
70	1532	6,71	4,67	1,86
MEDIA	1453	6,92	4,45	2,32
DS	31,28	0,12	0,12	0,14

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
61	2,43	34,18	0,00	00,00	00,00
62	2,94	43,11	0,51	17,35	7,48
63	1,80	29,65	0,09	5,00	1,48
64	3,05	44,14	0,91	29,84	13,17
65	2,23	31,86	0,23	10,31	3,29
66	2,81	37,02	-0,05	-	-
67	2,01	29,30	-0,28	-	-
68	2,27	33,28	-0,02	-	-
69	3,10	42,64	-0,04	-	-
70	2,04	30,40	0,18	8,82	2,68
MEDIA	2,47	35,56	0,15	-	-
DS	0,15	1,84	0,11	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VII.8. UTILIZACION DIGESTIVA Y METABOLICA DEL MAGNESIO EN RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

DETERMINACIONES

RATA Nº	Peso heces (mg/dia)	Mg inger. (mg/dia)	Mg fecal (mg/dia)	Mg urinar. (mg/dia)
71	1186	7,03	4,42	3,11
72	1150	7,23	4,16	3,11
73	1751	8,42	5,63	2,79
74	1560	7,32	5,43	2,57
75	1287	7,51	3,90	4,50
76	1268	8,35	5,33	3,21
77	1803	7,29	6,40	2,04
78	1346	6,65	4,42	2,68
79	1273	6,27	4,41	2,14
80	1343	6,48	5,50	2,25
MEDIA	1397	7,26	4,96	2,84
DS	72,43	0,23	0,25	0,23

INDICES CALCULADOS

RATA Nº	Mg absorb	C.D.A.	BALANCE	% R/A	% R/I
71	2,61	37,13	-0,50	-	-
72	3,07	42,46	-0,04	-	-
73	2,79	33,14	0,00	0,00	0,00
74	1,89	25,82	-0,68	-	-
75	3,61	48,07	-0,89	-	-
76	3,02	36,17	-0,19	-	-
77	0,89	12,21	-1,15	-	-
78	2,23	33,53	-0,45	-	-
79	1,86	29,67	-0,28	-	-
80	0,98	15,12	-1,27	-	-
MEDIA	2,30	31,33	-0,55	-	-
DS	0,28	3,54	0,14	-	-

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente
% R/A = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Absorbido
% R/I = Porcentaje de Magnesio Retenido en función del Ingerido

TABLA VIII.1. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCeniza/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
1	0,0391	311,55	323,02	157,80	11,51
2	0,0284	321,63	392,96	144,37	9,51
3	0,0294	526,88	399,66	151,02	8,84
4	0,0310	380,84	349,68	143,87	10,00
5	0,0308	360,66	443,51	138,64	10,06
6	0,0340	553,75	340,88	189,41	9,12
7	0,0317	362,70	366,88	142,27	8,83
8	0,0345	393,39	384,06	162,32	8,99
9	0,0380	331,59	342,89	143,68	9,21
10	0,0368	365,08	377,99	141,03	9,78
MEDIA	0,0334	390,81	372,15	151,44	9,59
DS	0,0012	26,27	11,17	4,86	0,26

TABLA VIII.2. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
11	0,0232	172,49	289,66	203,45	9,05
12	0,0456	212,29	500,22	181,80	9,87
13	0,0653	251,83	266,16	86,68	4,75
14	0,0311	198,09	903,22	349,20	18,65
15	0,0478	340,70	471,97	179,71	9,62
16	0,0318	181,20	564,15	191,20	10,69
17	0,0316	187,31	562,66	188,29	10,44
18	0,0374	198,62	522,19	182,62	9,36
19	0,0425	212,71	529,41	182,12	9,41
20	0,0402	169,91	513,93	200,75	10,95
MEDIA	0,0397	212,52	512,36	194,58	10,28
DS	0,0037	16,13	54,81	20,11	1,08

TABLA VIII.3. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
21	0,0471	232,82	396,39	187,26	11,89
22	0,0391	201,03	384,14	180,82	11,51
23	0,0660	263,68	422,88	168,79	6,67
24	0,0561	221,48	382,17	171,12	9,09
25	0,0543	225,78	414,36	178,27	7,55
26	0,0595	283,74	388,74	171,26	7,23
27	0,0493	243,70	400,00	178,50	7,71
28	0,0522	228,45	419,35	172,61	11,11
29	0,0583	249,89	390,39	178,04	8,58
30	0,0398	206,75	414,57	186,18	12,56
MEDIA	0,0522	235,73	401,30	177,29	9,39
DS	0,0027	8,00	4,83	2,01	0,69

TABLA VIII.4. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
31	0,0377	170,36	371,88	190,19	10,88
32	0,0429	214,18	409,32	189,51	10,02
33	0,0400	188,24	414,75	186,50	11,00
34	0,0353	173,29	380,74	188,95	10,20
35	0,0497	216,18	340,85	160,16	8,25
36	0,0345	158,48	421,16	189,57	10,14
37	0,0354	165,96	407,91	192,94	10,17
38	0,0425	168,38	392,00	184,24	10,35
39	0,0383	166,96	3408809	187,21	10,70
40	0,0364	152,94	392,31	194,51	10,44
MEDIA	0,0393	177,50	393,90	186,38	10,22
DS	0,0015	6,93	7,67	3,06	0,24

TABLA VIII.5. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
41	0,0368	225,21	375,00	172,28	12,50
42	0,0466	243,47	382,19	183,26	11,37
43	0,0395	220,30	269,11	173,16	12,41
44	0,0393	220,54	406,36	206,11	13,49
45	0,0464	233,17	392,67	189,66	12,72
46	0,0416	167,14	359,86	184,13	12,74
47	0,0385	159,75	367,79	177,14	13,77
48	0,0405	171,54	329,88	181,23	12,35
49	0,0443	182,15	349,89	179,68	11,51
50	0,0435	168,02	356,32	191,26	12,87
MEDIA	0,0417	199,13	358,91	183,79	12,57
DS	0,0011	10,17	12,14	3,17	0,24

TABLA VIII.6. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRAC)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA/ g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
51	0,0423	212,03	371,63	182,76	10,59
52	0,0329	234,00	364,74	130,15	8,24
53	0,0437	190,41	346,91	200,95	11,69
54	0,0419	187,89	367,78	248,25	15,24
55	0,0405	185,61	342,72	144,80	9,55
56	0,0455	181,56	355,38	202,96	13,33
57	0,0425	162,15	347,76	179,53	12,32
58	0,0596	167,75	371,31	279,38	17,78
59	0,0446	195,96	354,93	203,44	8,85
60	0,0471	183,63	362,85	232,19	10,57
MEDIA	0,0441	190,10	358,60	200,44	11,82
DS	0,0021	6,55	3,34	14,27	0,94

TABLA VIII.7. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
61	0,0411	161,05	383,21	180,78	12,90
62	0,0440	130,84	339,55	176,14	12,27
63	0,0410	151,85	348,29	182,44	12,44
64	0,0461	142,55	325,38	177,22	12,36
65	0,0403	136,19	341,19	188,83	12,41
66	0,0402	123,01	316,42	168,16	11,94
67	0,0426	138,63	304,69	175,12	11,27
68	0,0426	154,18	323,47	177,93	12,21
69	0,0417	155,25	361,15	191,13	13,91
70	0,0438	164,48	346,12	188,36	13,24
MEDIA	0,0423	145,80	338,95	180,61	12,49
DS	0,0006	4,31	7,23	2,27	0,23

TABLA VIII.8. CONTENIDO EN MINERALES DEL FEMUR DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC)

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g Fémur	mg Ca / g Ceniza	mg P / g Ceniza	mg Mg / g Ceniza
71	0,0427	150,25	374,00	169,32	9,84
72	0,0492	158,61	331,91	160,57	10,37
73	0,0303	140,21	331,02	175,25	11,55
74	0,0798	254,71	173,43	88,22	5,76
75	0,0454	160,14	343,39	162,78	10,35
76	0,0468	158,22	361,32	182,48	11,32
77	0,0414	152,65	341,30	175,85	11,11
78	0,0293	142,58	373,38	186,35	12,29
79	0,0371	144,98	339,89	175,20	11,05
80	0,0334	141,47	342,52	181,14	12,87
MEDIA	0,0435	160,38	331,22	165,71	10,65
DS	0,0046	10,74	18,22	8,99	0,61

TABLA IX.1. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO CRUDO (GC).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
1	0,0117	58,03	4,91	150,43	23,08
2	0,0064	58,33	3,84	168,75	23,44
3	0,0086	56,89	2,53	158,14	22,09
4	0,0105	59,69	10,83	144,76	20,95
5	0,0114	56,75	2,87	152,63	21,05
6	0,0096	54,98	10,70	166,67	22,92
7	0,0098	54,07	10,94	157,14	23,47
8	0,0120	56,46	3,43	162,50	23,33
9	0,0104	56,40	7,16	160,58	22,12
10	0,0126	55,83	7,74	148,41	21,43
MEDIA	0,0103	56,74	6,50	157,00	22,39
DS	0,0006	0,52	1,08	2,50	0,31

TABLA IX.2. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A PRESION + TEMPERATURA (GPT).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
11	0,0134	59,88	28,26	177,61	20,15
12	0,0125	60,44	10,00	152,80	19,20
13	0,0132	58,39	4,07	155,30	21,21
14	0,0117	58,52	14,68	160,68	19,66
15	0,0130	61,10	20,14	156,92	18,46
16	0,0083	56,17	17,84	168,67	20,48
17	0,0071	62,43	8,89	146,48	18,31
18	0,0057	54,13	6,35	161,40	21,05
19	0,0092	57,32	8,28	157,61	21,74
20	0,0100	51,22	19,60	168,00	22,00
MEDIA	0,0104	57,96	13,81	160,55	20,23
DS	0,0009	1,07	2,40	2,83	0,41

TABLA IX.3. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA (GR).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
21	0,0066	51,85	6,06	171,21	21,21
22	0,0080	54,56	10,63	166,25	20,00
23	0,0085	54,53	5,29	167,06	21,18
24	0,0192	56,20	22,17	166,30	19,57
25	0,0106	51,50	16,70	172,64	21,70
26	0,0058	54,93	6,03	177,59	20,69
27	0,0088	51,71	8,75	165,91	21,59
28	0,0168	54,86	9,41	169,18	20,59
29	0,0177	50,19	6,10	168,83	20,78
30	0,0161	44,16	6,07	175,41	21,31
MEDIA	0,0078	52,45	9,72	170,03	20,86
DS	0,0005	1,11	1,76	1,29	0,22

TABLA IX.4. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO (GRA).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
31	0,0135	45,32	22,96	164,44	19,26
32	0,0116	49,85	22,41	184,48	21,55
33	0,0105	55,53	14,48	175,24	20,95
34	0,0102	63,24	39,31	161,76	18,63
35	0,0098	49,03	45,00	166,33	19,39
36	0,0115	55,30	28,96	164,35	19,13
37	0,0092	57,53	40,54	188,04	19,57
38	0,0112	57,21	15,89	184,82	21,43
39	0,0086	53,04	40,81	193,02	20,93
40	0,0078	56,45	38,21	194,87	21,79
MEDIA	0,0104	54,25	30,86	177,74	20,26
DS	0,0005	1,62	3,57	4,05	0,37

TABLA IX.5 CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO (GRB).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
41	0,0065	56,86	8,15	163,08	20,00
42	0,0057	50,05	7,26	173,68	21,05
43	0,0100	70,51	4,60	133,00	16,00
44	0,0082	53,74	5,49	168,29	19,51
45	0,0055	49,03	8,55	165,45	20,00
46	0,0089	61,30	12,13	167,42	19,10
47	0,0057	49,70	6,84	180,70	21,05
48	0,0061	52,10	16,89	186,89	21,31
49	0,0057	53,67	8,07	189,47	21,05
50	0,0072	54,66	11,53	188,89	20,83
MEDIA	0,0070	55,16	8,95	171,69	19,99
DS	0,0005	2,06	1,15	5,34	0,50

TABLA IX.6. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN AGUA BIDESTILADA SEGUIDO DE COCCION (GRC).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
51	0,0082	62,93	4,51	96,34	18,30
52	0,0081	64,79	3,33	113,58	18,52
53	0,0098	64,60	9,08	114,29	19,39
54	0,0087	64,38	18,74	98,85	18,39
55	0,0088	62,06	4,20	93,18	19,32
56	0,0107	64,54	8,50	100,00	18,69
57	0,0094	61,63	7,13	102,13	19,15
58	0,0128	63,48	7,97	92,97	18,75
59	0,0072	63,38	22,50	95,83	19,44
60	0,0089	60,99	3,93	113,48	19,10
MEDIA	0,0093	63,28	8,99	102,07	18,90
DS	0,0005	0,43	2,06	2,71	0,14

TABLA IX.7. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO ACIDO SEGUIDO DE COCCION (GRAC).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
61	0,0092	51,77	44,57	192,39	21,74
62	0,0080	53,38	11,75	185,00	22,50
63	0,0069	59,05	2,17	182,61	23,19
64	0,0090	55,23	5,44	188,89	21,11
65	0,0062	50,44	3,06	196,77	24,19
66	0,0083	51,37	1,93	196,39	24,10
67	0,0064	49,44	2,81	187,50	21,88
68	0,0098	56,70	8,27	179,59	21,43
69	0,0063	55,25	9,68	193,65	23,81
70	0,0166	54,44	39,76	168,07	19,88
MEDIA	0,0087	53,71	12,94	185,09	22,38
DS	0,0009	0,95	5,00	3,31	0,45

TABLA IX.8. CONTENIDO EN MINERALES DEL MUSCULO (*longissimus dorsi*) DE RATAS ALIMENTADAS CON LA DIETA DE GARBANZO SOMETIDO A REMOJO EN MEDIO BASICO SEGUIDO DE COCCION (GRBC).

RATA Nº	CENIZAS (g)	mgCENIZA /g músc.	mg Ca/g cenizas	mg P/g cenizas	mg Mg/g cenizas
71	0,0068	53,21	3,53	161,76	22,06
72	0,0050	53,58	7,20	160,00	22,00
73	0,0058	48,50	5,17	175,86	25,86
74	0,0054	49,25	13,15	166,67	24,07
75	0,0063	52,08	5,71	163,49	23,81
76	0,0074	51,66	7,43	170,27	22,97
77	0,0044	50,34	16,36	175,00	22,73
78	0,0065	42,57	4,31	161,54	23,08
79	0,0046	49,72	4,57	182,61	26,09
80	0,0054	46,72	6,11	174,07	24,07
MEDIA	0,0058	49,76	7,35	169,13	23,67
DS	0,0003	1,05	1,31	2,40	0,45

DISCUSION DE RESULTADOS

5. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. SOBRE LA COMPOSICION ANALITICA DE LAS DIETAS

5.1.1. SOBRE EL CONTENIDO EN NITROGENO Y AMINOACIDOS DE LAS DIETAS

El Cicer arietinum utilizado en nuestros experimentos, tanto crudo como sometido a los diferentes procesos, tiene una **Riqueza Proteica** media del 21,22%, que coincide con el valor medio que señalan CHAVAN y col. (1989) en su revisión bibliográfica sobre el garbanzo, ya que, según estos autores, el contenido proteico de esta leguminosa oscila entre el 12,4 y el 30,6%, con un valor medio del 21,5%. Existe, por tanto, una gran variabilidad en el contenido, así como en la calidad, de la proteína de la semilla del garbanzo y que se debe a una serie de factores como son, las prácticas agronómicas (tipo de semilla, riego, fertilizantes, etc.) y la localización del cultivo (SINGH y col., 1983).

El contenido proteico del garbanzo es alto y, por tanto, no debe preocuparnos su cantidad global pero si debe considerarse su calidad.

El ligero aumento en la concentración de nitrógeno que se observa al someter el garbanzo a los diferentes procesos, es debido a la pérdida de hidratos de carbono totales que tiene lugar con los mismos. Este incremento del nitrógeno del garbanzo, observado bajo nuestras condiciones experimentales, es similar al obtenido por SAVAGE y THOMPSON

(1993) que, al someter cuatro genotipos diferentes de la variedad clara ó *kabuli* del Cicer arietinum a un proceso de remojo en agua (durante 18 horas) seguido de cocción en agua (durante 40 minutos), observaron un incremento de la proteína, que pasaba del 18,7 ± 0,26 al 21,5 ± 0,31 %, y que explicaron en base a la solubilización de hidratos de carbono en los líquidos de remojo y cocción. Esta hipótesis postulada por SAVAGE y THOMPSON es válida para nuestros resultados ya que, como se confirma experimentalmente, hay una reducción de los hidratos de carbono totales en los garbanzos procesados bajo nuestras condiciones experimentales, siendo estas pérdidas del orden del 20% en el caso del remojo en agua (de 8,49 a 6,96 g/100 g s.s.), 10% para los remojos ácido y básico (de 8,49 a 7,6 g/100 g s.s.) y del 50% en el caso de los remojos seguidos de cocción (de 8,49 a 4,2 g/100 g s.s., aprox.). Estos valores de Hidratos de Carbono han sido determinados en el Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC de Madrid (DIAZ, C. 1994)

El **Nitrógeno Proteico** (NP) ó **Proteína Verdadera** de las dietas ensayadas tiene un valor medio del 91,19%, lo que indica que la mayoría del nitrógeno de las mismas se encuentra en forma de proteína. Por otra parte, la cantidad de aminoácidos totales de cada una de las dietas, expresada en tanto por ciento (tabla Ic), coincide prácticamente con la proporción de proteína de las mismas; este hecho indica que, a pesar de existir un 8,81% de nitrógeno insoluble o **Nitrógeno No Proteico** (NPN) en los garbanzos, éste nitrógeno son aminoácidos o péptidos que podrían ser digeridos y, por tanto, utilizados, tal y como señalaron SINGH y JAMBUNATHAN (1981a) tras determinar el contenido en NPN del Cicer arietinum.

SINGH y JAMBUNATHAN (1981a) analizan 98 muestras de Cicer arietinum,

obteniendo una media de 3,58 mg de nitrógeno total, con un 11,2% de NPN. Nuestros resultados para el NPN son ligeramente más bajos que los obtenidos por estos autores, lo que puede deberse al menor contenido en nitrógeno total de los garbanzos ensayados por nosotros, dada la correlación altamente significativa (r = 0,802) que existe entre el contenido en proteína y de NPN en la dieta.

El hecho de que el garbanzo ensayado por nosotros tenga unos valores semejantes de riqueza proteica y proteína verdadera a los que aparecen en la bibliografía (CHAVAN y col; 1989; SINGH y JAMBUNATHAN, 1981a y b), permite una comparación más exacta de los parámetros metabólicos y digestivos obtenidos por nosotros y por los diferentes autores en el Cicer arietinum, ya que, como es sabido, la cantidad y calidad de la proteína influye sobre el valor nutritivo de la misma (YAGASAKI y col., 1986; VERDU y col., 1988; NESTARES y col., 1993).

La composición en **aminoácidos** del garbanzo utilizado en nuestros experimentos es muy similar a la determinada por diversos autores (SINGH y JAMBUNATHAN, 1981b; COMBE y col., 1991) y a la que recogen CHAVAN y col. (1989) en su revisión bibliográfica sobre esta leguminosa.

Al procesar el garbanzo, bajo nuestras condiciones experimentales, los resultados correspondientes al aminograma no coinciden con los obtenidos por RAO (1973) y GEERVANI y TEOPHILUS (1980), los cuales, estudiando los efectos de la cocción sobre la proteína del garbanzo, encuentran una ligera reducción en el contenido de algunos aminoácidos y, que en el caso de la metionina es del 20% aproximadamente. Sin embargo,

FERNANDEZ (1995) no encontró cambios significativos en la composición del aminograma de la proteína del haba (Vicia faba) sometida a los mismos procesos realizados por nosotros, con respecto al haba cruda.

El **Cómputo Químico** (CQ) determinado en el Cicer arietinum tiene unos valores bajos para sus aminoácidos limitantes (metionina, cisteína y treonina), pero el resto de aminoácidos esenciales presentan una elevada proporción con respecto a la proteína patrón. CHAVAN y col. (1989) aportan unos valores de CQ para la proteína del garbanzo que, en el caso de la metionina+cisteína, es igual a 83, siendo por tanto muy superior al obtenido por nosotros para estos aminoácidos (50), aunque para estos autores siguen siendo los aminoácidos limitantes, seguidos de la treonina, para la que obtienen un CQ de 93, que es igual al obtenido por nosotros en este aminoácido. Posiblemente, el menor valor de CQ obtenido en el presente trabajo para los aminoácidos azufrados se deba a que la proteína de los garbanzos ensayados bajo nuestras condiciones experimentales, tenga una mayor proporción de globulina, la cual es deficiente en estos aminoácidos y responsable, en los casos en que es mayoritaria, de la peor calidad nutritiva del garbanzo, tal y como indican CHAVAN y col.(1989).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, la aceptada relación entre el CQ de una proteína y su valor nutritivo, puede ser afectada por un imbalance de aminoácidos (MUNRO y col., 1987).

SANTIDRIAN (1987) aporta unos valores de referencia para la proporción de aminoácidos esenciales y no esenciales, según los cuales, una proteína de alto Valor Biológico

tendrá una proporción de estos aminoácidos del 33 y 66%, respectivamente, siendo estos valores del 25 y 75%, respectivamente, para una proteína de bajo Valor Biológico. Esto situaría a la proteína ensayada por nosotros (con una proporción de aminoácidos esenciales del 53% y no esenciales del 47%) en un nivel aceptable de calidad nutritiva.

El garbanzo crudo ensayado, con un **Indice E/NE** (cociente entre aminoácidos esenciales y no esenciales) igual a 1,12, debe ser satisfactorio para el crecimiento de las ratas por encontrarse dentro del margen de valor (de 1 a 4) que, según STUCKI y HARPER (1962), debe tener una proteína para promover dicho crecimiento.

FERNANDEZ (1995) obtiene en la Vicia faba, tanto cruda como sometida a tratamientos similares a los realizados en el garbanzo, un índice E/NE muy inferior a 1. Así, según este índice, la proteína del haba sería de peor calidad que la del garbanzo.

Dada la ingesta de los animales y a la vista de la composición en aminoácidos y riqueza proteica de las dietas utilizadas en nuestros ensayos, los requerimientos en aminoácidos de las ratas en crecimiento estarían cubiertos para los aminoácidos limitantes y llegando en algunos casos, como son la arginina y leucina, incluso a triplicarse, originándose un imbalance. Hay que considerar que los procedimientos de valoración química, no tienen en cuenta los disbalances de aminoácidos ni las diferencias de absorción que existen entre ellos, por lo que nos remitimos a los resultados de la valoración biológica.

5.1.2. SOBRE EL CONTENIDO EN MINERALES (Calcio, Fósforo Total, Inositol Hexafosfato y Magnesio) DE LAS DIETAS

El Cicer arietinum ensayado por nosotros, tiene un contenido en cenizas ó minerales totales que se encuentra dentro de los márgenes descritos en la bibliografía (CHAVAN y col., 1989; ATTIA y col., 1994), estando estos comprendidos entre 2,04 y 4,67 g/100g sustancia seca.

En general, no existen diferencias en la composición mineral de las diferentes partes anatómicas de la semilla del garbanzo, excepto para el calcio, que se encuentra en un 70% (CHAVAN y col, 1989) en la cubierta.

La composición media de minerales del garbanzo tampoco varía significativamente entre los tipos *desi* y *kabuli* (JAMBUNATHAN y SINGH, 1981). Sin embargo, sí existe gran variabilidad en el contenido mineral en función de la localización geográfica del garbanzo utilizado debido a los factores ambientales, prácticas agronómicas, etc. (GUPTA y col., 1979; SINGH, 1985).

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos ensayados, encontramos una disminución significativa en el contenido en cenizas con los remojos en medio ácido y básico seguidos de cocción (GRAC y GRBC), siendo la reducción del 33,7 y 31,9 %, respectivamente, respecto al garbanzo crudo.

MEINERS y col. (1976) encuentran que los minerales de la semilla del garbanzo

sometida a cocción, presentan una disminución del 30-50% con respecto a la semilla cruda, siendo estas pérdidas superiores a las obtenidas por nosotros. Por otra parte, ATTIA y col. (1994), al someter esta leguminosa a cocción en agua obtienen una reducción del contenido en cenizas del 38%, respecto a la muestra cruda, que es similar a la obtenida por nosotros.

Los diferentes resultados obtenidos en la pérdida de cenizas con el procesado de los garbanzos, que aparecen en la bibliografía, así como los encontrados por nosotros, posiblemente se deba a las distintas condiciones experimentales empleadas, así como al uso de diferentes variedades o genotipos de Cicer arietinum.

a) Sobre el contenido en Calcio

La variedad de garbanzo usada en nuestros experimentos contiene 136 mg Ca/100 g de materia seca cruda; esta cantidad se encuentra dentro de los márgenes de calcio aportados por los diferentes autores consultados (MEINERS y col., 1976; TIWARI y col., 1977; JAMBUNATHAN y SINGH, 1981, ATTIA y col., 1994).

El calcio determinado por nosotros en las dietas ensayadas (mediante la técnica descrita en el capítulo de Material y Métodos), corresponde al calcio total, que incluye el calcio iónico o libre, el unido a fítico, proteínas, fibra, etc.

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos se observa una disminución del contenido en calcio del orden del 10 al 25% aproximadamente, que es similar a la obtenida por ATTIA y col. (1994) los cuales, tras someter el garbanzo a cocción, obtienen una

reducción del contenido en calcio del 20%. Por su parte, MEINERS y col. (1976) encuentran que el calcio de la semilla del garbanzo sometida a cocción, presenta una disminución del 46% con respecto a la cruda, pasando de 103,10 a 55,69 mg/100 g; esta pérdida es superior a la obtenida por nosotros.

Al someter la Vicia faba a los mismos procesos realizados por nosotros en el presente trabajo, FERNANDEZ (1995) obtiene una disminución del 2 al 8% en el contenido en calcio de las habas procesadas, no siendo estas pérdidas significativas respecto a la leguminosa cruda. La menor pérdida de calcio obtenida por este autor en el haba, a pesar de que las condiciones de procesado son iguales a las nuestras y a que el contenido en calcio es también muy semejante al del garbanzo ensayado por nosotros (126,48 y 136,94 mg calcio/100g de haba y garbanzo crudos, respectivamente), se explica en base a la mayor dureza de la cubierta de la semilla del haba, comparada con la del garbanzo (la cual no se ha eliminado durante los procesos realizados). Además, hay que tener en cuenta que, como hemos indicado anteriormente, el 70% del calcio presente en el garbanzo se encuentra en la cubierta (SINGH , 1985) lo que justificaría la mayor pérdida de este mineral en el garbanzo con respecto al haba.

b) Sobre el contenido en Fósforo

El contenido en Fósforo Total del garbanzo crudo utilizado en la dieta, se encuentra dentro de los márgenes que para este mineral aparecen en la bibliografía (MEINERS y col., 1976; TIWARI y col., 1977; JAMBUNATHAN y SINGH, 1981; ATTIA y col., 1994).

En el Cicer arietinum, análogamente a lo que sucede en otras leguminosas, el fósforo total determinado se encuentra como fósforo inorgánico, ácido fítico, fosfátidos y compuestos nucleicos (LOLAS y MARKAKIS, 1975; REDDY y col., 1978).

De la cantidad total de fósforo que presenta el garbanzo crudo, el 55,8% corresponde a IHP, ya que la técnica de LATTA y ESKIN (1980), utilizada por nosotros para medir el ácido fítico de la dieta, valora específicamente dicho compuesto, si bien, el IHP es el componente mayoritario de esta leguminosa y representaría el 90% del ácido fítico (SANDBERG y AHDERINNE, 1986; LEHRFELD, 1989; LEHRFELD y MORRIS, 1992).

Los valores de ácido fítico encontrados por nosotros (5,9 mg/g materia seca), son inferiores a los observados por DUHAN y col. (1989) y KHAN y col. (1988), en diversas variedades de garbanzo, y que oscilan entre 7,48 y 12,2 mg/g de materia seca; si bien, nuestros resultados son superiores a los obtenidos por KUMAR y col. (1978).

La gran disparidad de resultados referentes al contenido en ácido fítico del garbanzo encontrados en la bibliografía, podrían ser debidos a las distintas técnicas utilizadas para su valoración, y así como a que existen grandes diferencias según la variedad de Cicer arietinum ensayada y a las diferentes condiciones edafoclimáticas y de desarrollo de las semillas (SPILLER, 1980).

Al someter el garbanzo a los procesos de remojo, solo o seguido de cocción, obtenemos una disminución en el contenido en fósforo soluble de las muestras en un 10-15%, excepto en el caso del remojo en medio básico (GRB), con el que no existen pérdidas

significativas. Esta disminución del contenido en fósforo es mayor a la obtenida por ATTIA y col. (1994) y menor a la que encuentran MEINERS y col. (1976), siendo las pérdidas detectadas por estos autores del 8,5 y 50%, respectivamente y ambas en garbanzos sometidos a cocción.

Con los procesos realizados en nuestros ensayos no se modifica significativamente el contenido en ácido fítico del garbanzo, excepto en el caso del remojo en medio ácido seguido de cocción (GRAC), con el que disminuye en un 20%, aproximadamente; con este tratamiento se obtienen las mayores pérdidas de fósforo total y ácido fítico, ya que hay que considerar que, en medio ácido y con calor, podría actuar la fitasa endógena del garbanzo que tiene unas condiciones de pH y temperatura adecuadas.

LOLAS y MARKAKIS (1977) Y ESKIN y WIEBE (1983) han comprobado que la fitasa actúa con un pH ácido, así como que su temperatura óptima de actuación es de 50°C, destruyéndose cuando la temperatura alcanza los 100°C, pudiendo esto ser la causa de la baja transformación del ácido fítico (20%), ya que el enzima solo podría actuar en las primeras etapas del proceso (cuando aún no ha comenzado la ebullición).

A diferencia de los resultados obtenidos por nosotros, otros autores consiguen una disminución del ácido fítico en las muestras de garbanzo sometido a diferentes procesos. Así, KHAN y col. (1988), tras someter el garbanzo a remojo en agua fría (durante toda la noche) solo y seguido de cocción (hasta el ablandamiento de la semilla), y a remojo en solución de bicarbonato (al 2% y durante 4 horas) también solo y seguido de cocción en agua; obtienen reducciones en el contenido en ácido fítico del 12,5, 25, 7,5 y 12,5 %, respectivamente. Por

su parte, DUHAN y col. (1989) obtienen con el remojo en agua (5 ml/g semilla, durante 12 horas y a 37°C) solo y seguido de cocción en agua (3ml/g semilla, durante mínimo 45 minutos) unas pérdidas en ácido fítico del 11-16 y 20-26%, respectivamente; mientras que al someter el garbanzo a cocción (a 1,05 Kg/cm^3, durante 15 minutos y con 2 ml agua/g semilla) sin remojo previo, las pérdidas son del 7-11%.

FERNANDEZ (1995) encontró en Vicia faba procesada bajo condiciones similares de presión y temperatura (120°C, 1 atm. y 15 min.), una disminución del contenido en IHP del 39%, que podría explicarse por fenómenos físicos de hidrólisis (BOLAND y col., 1975; TABEKHIA y LUH, 1980; DUHAN y col., 1989), que no han tenido lugar en el caso del garbanzo y que podría deberse al hecho de que no todas las leguminosas siguen una misma pauta de comportamiento al someterlas al calor, según se deduce de los resultados obtenidos por BOLAND y col. (1975).

c) Sobre el contenido en Magnesio

El garbanzo utilizado en nuestros experimentos tiene una concentración de magnesio que, al igual que los minerales anteriores, se encuentra dentro de los márgenes de composición en magnesio que aporta la bibliografía (MEINERS y col., 1976; TIWARI y col., 1977; JAMBUNATHAN y SINGH, 1981; ATTIA y col., 1994).

Las pérdidas de magnesio que tienen lugar con las cocciones del garbanzo, bajo nuestras condiciones experimentales, son inferiores a las obtenidas por MEINERS y col. (1976) siendo estas del orden del 50%, encontrando estos autores esta misma cantidad en el

líquido de cocción. La menor pérdida obtenida por nosotros con la cocción puede deberse, en parte, al remojo previo realizado en nuestro caso.

Hay que tener en cuenta que, tras los procesos de remojo, la cantidad de minerales en la muestra debería haber aumentado de forma indirecta por la pérdida de hidratos de carbono que se produce, al igual que vimos para el nitrógeno.

Existe una gran variabilidad en los resultados referentes a las pérdidas en minerales que tienen lugar con los procesos, obtenidas por los diferentes autores y nosotros. La posible explicación a este hecho, podría estar en las condiciones experimentales utilizadas en los métodos de procesado, tales como: proporción entre la cantidad de semilla y el líquido de remojo, temperatura a la que se realiza el remojo, tiempo de duración del remojo y tiempo que transcurre hasta que comienza la ebullición, así como el tiempo que dura la misma.

5.2. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DE LAS DIETAS

5.2.1. SOBRE LA INGESTA

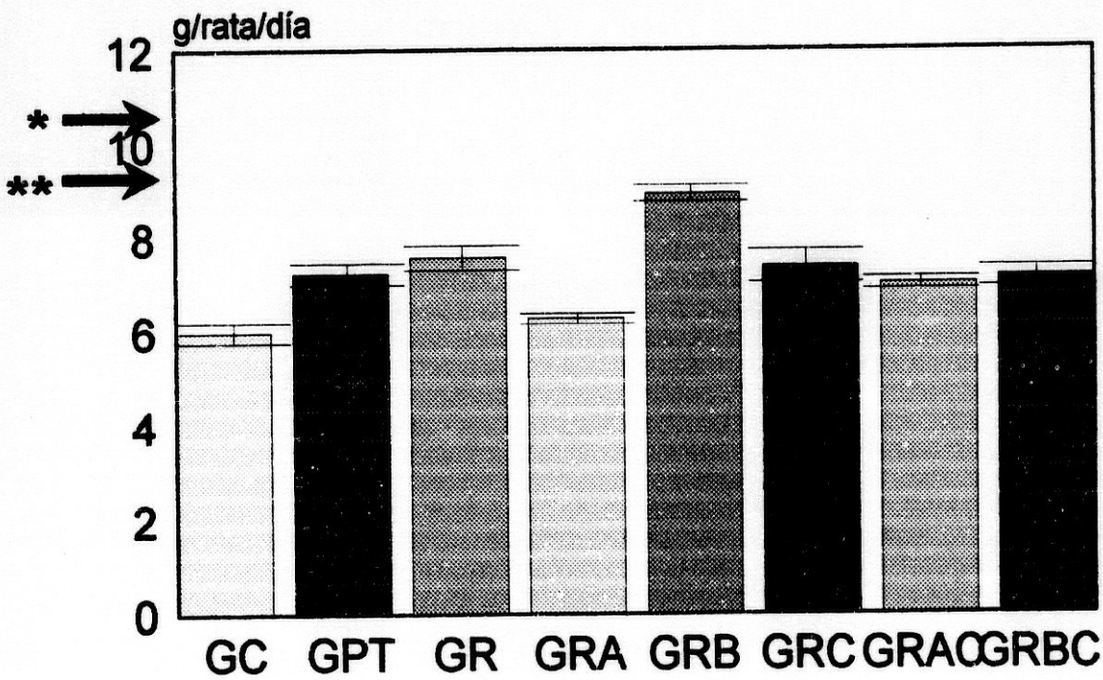
La ingesta es un proceso muy complejo regulado por numerosos factores (MERCER y col., 1989), entre ellos, destacan la cantidad y calidad de la proteína de la dieta, el contenido en determinados nutrientes como son la grasa, los hidratos de carbono solubles (glucosa, fructosa, sacarosa), la presencia de factores antipalatables, como son los alfa-galactósidos y taninos, etc. En general, los animales de experimentación cuando ingieren dietas desequilibradas en algún nutriente responden, debido a la presencia de mecanismos de adaptación, con una supresión voluntaria de la ingesta (HARPER, 1967).

Sobre la relación Ingesta-Cantidad Proteica

El control de la ingesta de alimento (expresada como gramos de sustancia seca ingerida por rata y día) durante el período experimental pone de manifiesto que ésta es significativamente inferior a la obtenida por nosotros en trabajos anteriores (NESTARES y col., 1993) con ratas Wistar en crecimiento (peso inicial = 67,8 $\pm$ 1,8 g) alimentadas con una dieta control ajustada con un 12% de proteína (Caseína + 5% DL-metionina), las cuales ingieren 9,70 $\pm$ 0,50 g/día (Fig. 1).

La menor ingesta obtenida por nosotros con la dieta de garbanzo crudo podría deberse, en parte, al mayor aporte proteico de la misma (HARPER y col., 1967), siendo la duración

Fig. 1 Dieta ingerida en sustancia seca en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



* → Dieta 20% caseina (FERNANDEZ y col., 1993)

** → Dieta 12% caseina (NESTARES y col., 1993)

y severidad de la reducción de la ingesta proporcional a la concentración proteica de la dieta consumida según PETERS y HARPER (1985). Estos autores, ensayando en ratas en crecimiento durante 11 días, dietas estándar en la que solo variaba el nivel proteico (de 5 a 75% de caseína), comprobaron que, en las ratas que consumían dietas con menos de un 20% o más de un 35% de caseína, la ingesta era inferior que la de los animales que consumían niveles intermedios de proteína.

El incremento de la proteína de la dieta da lugar, en ratas, a una elevación en plasma de los aminoácidos ramificados (JOHNSON y ANDERSON, 1982) que serían parcialmente responsables de la disminución del apetito (ANDERSON y col., 1982), bien directamente debido al aumento en cerebro de niveles de aminoácidos libres, o bien, indirectamente por bloquear la entrada al cerebro de aminoácidos neutros, incluidos el triptófano y tirosina (TEWS y col., 1978) que, como es sabido, son precursores en la síntesis de neurotransmisores implicados en la ingesta.

No obstante, si tenemos en cuenta los resultados obtenidos por PETERS y HARPER (1985), la menor ingesta obtenida con la dieta de garbanzo ensayada por nosotros (con un 21% de proteína), respecto a las dietas con un 10-20% de caseína utilizadas por estos autores, debería justificarse no tanto en función de cantidad sino más bien de la calidad de la proteína, y más concretamente, de su composición en aminoácidos, como veremos posteriormente.

Sobre la relación Ingesta-calidad proteica

La menor ingesta que se consigue con la dieta de garbanzo crudo, bajo nuestras condiciones experimentales, respecto a una dieta diseñada según las pautas del AIN (1977) con el mismo nivel proteico (20% caseína + DL-metionina) ensayada por FERNANDEZ y col. (1993) en ratas Wistar en crecimiento (peso inicial 55-70g) y con la que obtuvieron un consumo de alimento de 10,4 ± g/rata/día en sustancia seca (Fig. 1), puede deberse, entre otros factores, al imbalance de aminoácidos (Aa) que, como se ha descrito en la bibliografía (LEUNG y ROGERS, 1969; HARPER y col., 1970; PETERS y HARPER, 1985), causa una marcada reducción de la ingesta originada por cambios grandes e inespecíficos en el patrón de aminoácidos del plasma (HARPER, 1970) y cerebro (PENG y col., 1975). Las relaciones específicas observadas entre los cocientes de aminoácidos y la ingesta implica fuertemente a los Aa en la regulación de la misma, de forma que las relaciones de Aa plasmáticos ejercen una influencia sobre la entrada de Aa al cerebro y el metabolismo de neurotransmisores en el mismo. Así, la síntesis de Serotonina (5-HT) y catecolaminas está influenciada por la disponibilidad de sus Aa precursores, que son triptófano (Trp) y tirosina (Tyr), respectivamente (WURTMAN, 1982). Como hemos indicado anteriormente, el Trp compite con los Aa ramificados y neutros para entrar al cerebro, de forma que la concentración de Trp en este órgano no depende solo del contenido de este Aa en la dieta, sino que, la ingestión de una fuente proteica que origine una mayor llegada de Aa ramificados que de Trp, daría lugar a una disminución del cociente Trp/AaN (Aa neutros) y, por tanto, disminuiría el Trp en cerebro.

El cociente Trp/AaN (leucina+isoleucina+fenilalanina+valina) tiene gran interés,

ya que ha sido descrito por ASHLEY y ANDERSON (1975b) su participación, directa ó refleja, en los mecanismos que regulan la ingesta. Estos autores, usando la caseína como fuente proteica, encuentran una correlación negativa ($r=0,79$, $p<0,05$) entre la ingesta proteica (expresada como tanto por ciento de la dieta) y la concentración plasmática de Trp relativa a los otros aminoácidos neutros. Por su parte, el consumo de hidratos de carbono origina una elevación de este cociente Trp/AaN en plasma, debido a que el aumento de la insulina provoca la entrada de ciertos aminoácidos en los tejidos (FERNSTROM y WURTMAN, 1971).

En la dieta de garbanzos crudos ensayada por nosotros existe un cociente Trp/AaN igual a 0,034, que es inferior al calculado para las dietas de caseína + 5% DL-metionina y concentrado proteico de patata (ambas al 12%), ensayadas por nosotros en trabajos anteriores (NESTARES y col., 1993) y que eran igual a 0,076 y 0,050, respectivamente. El mayor valor para el cociente Trp/AaN obtenido para la caseína y la proteína de patata unido a la mayor ingesta obtenida también con estas fuentes proteicas, comparadas con el garbanzo, se explica si se considera que las conclusiones de ASHLEY y ANDERSON (1975b) se obtuvieron con dietas de caseína suplementadas en aminoácidos y en las que se obtenían cocientes Trp/AaN que oscilan entre 0,4 y 0,8 y esto, según PETERS y HARPER (1985), es una situación inusual que no sirve de referencia ya que estos autores no obtienen esta correlación (entre el cociente Trp/AaN y la ingesta proteica) cuando los valores de este cociente son inferiores a 0,2, como ocurre en nuestro caso. Así, según PETERS y HARPER, el control de la ingesta proteica vendría determinado por la necesidad de mantener unos niveles adecuados de Aa esenciales en cerebro.

La mejora significativa ($p<0,05$) de la ingesta obtenida en general con los procesos, respecto al garbanzo crudo, no se justificaría en base al análisis del patrón de Aa que presentan estas dietas, dado que las relaciones de Aa no se modifican en ellas. Hay que tener en cuenta que la mayor ingesta de las dietas de garbanzo ensayadas por nosotros coincide con una mejor utilización nutritiva de la proteína y un mayor crecimiento de los animales que las consumen, presentándose en los mismos un mejor estado de síntesis proteica global que los hace ser menos susceptibles al imbalance de aminoácidos, tal y como postulan PENG y col. (1975). Por otra parte, el mejor estado global de estas ratas no se justifica solamente en función de la mejora de la calidad proteica del garbanzo sometido a estos procesos, sino también en base a las modificaciones sufridas por los hidratos de carbono durante los mismos, como veremos más adelante.

Sobre la relación Ingesta-Hidratos de Carbono

En relación a una dieta estándar (AIN, 1977) de caseína + DL-metionina, con un 50% sacarosa, el garbanzo ensayado por nosotros contiene mucha menos cantidad de este azúcar (3,53%), lo que justificaría, en parte, la menor ingesta que se obtiene con el garbanzo debido a la disminución de la palatabilidad del mismo como se ha demostrado en trabajos recientes de nuestro Departamento, en los que se ensayaron dietas que contenían cantidades crecientes de un producto comercial rico en sacarosa.

La mejora de la ingesta que tiene lugar en las ratas que consumen los garbanzos procesados, no se explica en base al contenido en fructosa y sacarosa (azúcares de alta

palatabilidad), ya que durante estos procesos, y fundamentalmente los de remojo seguidos de cocción, se producen pérdidas en el contenido de sacarosa y fructosa (del orden del 50 y 40 a 70%, respectivamente y respecto al garbanzo crudo), pasando de 3,53 g sacarosa/100g garbanzo crudo a 1,76-1,93 g sacarosa/100 g de garbanzo sometido a remojo, en los diferentes nedios, seguido de cocción y 0,12 g fructosa/100 g garbanzo crudo a 0,02-0,07 g en el caso de los garbanzos sometidos a cocción. No obstante, hay que considerar que la cantidad de estos azúcares presente en el Cicer arietinum es pequeña, por lo que su reducción con el procesado del mismo tendría tan solo un efecto relativo sobre la ingesta.

Por otra parte, hay que destacar el hecho de que con el procesado del Cicer arietinum no aparece glucosa, a diferencia de lo observado por FERNANDEZ (1995) al someter la Vicia faba a los mismos procesos realizados en el presente trabajo.

Sobre la relación Ingesta-Grasa

La calidad y cantidad de la grasa de la dieta influye sobre la ingesta de alimento, tal y como se describe en la bibliografía (LE MAGNEN, 1983). El garbanzo utilizado en nuestros experimentos, contiene un 5% de grasa por lo que al administrarlo a las ratas en crecimiento, estaríamos dentro de los niveles que, para este nutriente y estos animales, recomienda la NCR. Por otra parte, esta grasa es en un 67,13% (CHAVAN y col., 1989) de naturaleza insaturada, de forma que la calidad de la misma sería también la recomendable y no afectaría tampoco a la ingesta de esta leguminosa por las ratas.

Sobre la relación Ingesta-alfa-galactósidos

El garbanzo crudo contiene 4,84% de alfa-galactósidos (0,46% Rafinosa, 2,70% Ciceritol y 1,68% Estaquiosa) (NESTARES y col., 1993). Si comparamos este contenido en alfa-galactósidos de las muestras analizadas por nosotros y los valores que aparecen en la bibliografía consultada, observamos que nuestras dieta tiene menor proporción de rafinosa y estaquiosa respecto a la cantidad total de azúcares solubles, que la obtenida por SINGH y col. (1982) ya que estos autores indican que la rafinosa y estaquiosa constituyen un 37% de los azúcares solubles del garbanzo, mientras que en los garbanzos crudos ensayados por nosotros, este valor es del 25%.

Con los procesos de remojo se produce una disminución en el contenido de hidratos de carbono totales debido fundamentalmente a la reducción que experimentan los alfa-galactósidos, pasando estos del 4,84% del garbanzo crudo a un 3,53, 4,01 y 4,08% para los garbanzos remojados en agua, ácido y básico, respectivamente (NESTARES y col., 1993).

En el caso de los procesos de remojo seguido de cocción, hay una disminución (en un 50%) significativa de los alfa-galactósidos, siendo su concentración igual a 2,67, 2,77 y 2,01% para las dietas de GRC, GRAC y GRBC, respectivamente (NESTARES y col., 1993).

En relación a la disminución en el contenido de azúcares solubles que se consigue con los procesos, JOOD y col. (1985) obtienen una mayor reducción de los alfa-galactósidos al someter el garbanzo a remojo en agua o en solución de bicarbonato, solo o seguido de cocción, que la resultante de nuestros procesos; de forma que estos autores consiguen una

disminución del orden del 60-96% (dependiendo del tipo de alfa-galactósido y proceso) mientras que nuestras muestras experimentan una disminución del 15% en el caso de los remojos en medio ácido y básico, 30% para el remojo en agua y un 50%, aprox., con las cocciones.

VIDAL y col. (1993) obtuvieron, tras un proceso de remojo seguido de cocción, una disminución del 28% en el contenido de alfa-galactósidos. Y ATTIA y col. (1994), tras someter a cocción tres variedades de Cicer arietinum, encontraron una reducción del 33% en los alfa-galactósidos. Las reducciones de estos azúcares, resultantes de ambos trabajos, son inferiores a las encontrada por nosotros.

Las diferentes resultados obtenidos en la reducción del contenido de alfa-galactósidos tras el procesado de los garbanzos podría deberse a las distintas condiciones experimentales empleadas por los diversos autores, tales como la duración del proceso, la proporción entre los líquidos de remojo y/o cocción y la semilla, la variedad de garbanzo ensayada, etc.

La presencia de alfa-galactósidos en la dieta afecta negativamente a la ingesta ya que, como se describe en la revisión bibliográfica (SINGH y col., 1982; SAVITRI y DESIKACHAR, 1985), son agentes causantes de flatulencia. Además, los garbanzos ensayados por nosotros tienen mayor proporción de Rafinosa y Estaquiosa, respecto a la cantidad total de alfa-galactósidos, que la existente en otras leguminosas (SINGH y col., 1982). Este hecho es interesante desde el punto de vista de la ingesta, ya que estos azúcares son considerados, dentro de los alfa-galactósidos, los principales causantes de flatulencia.

El control de la ingesta de alimento a lo largo de nuestros experimentos pone de manifiesto que, en el caso de los procesos de remojo, no existe una correlación significativa entre el contenido de alfa-galactósidos de la dieta y el consumo de la misma por las ratas, ya que, las dietas de GRA y GRB presentan una elevada ingesta y, a su vez, un alto contenido en estos azúcares. Sin embargo, en el caso de los procesos de remojo seguidos de cocción, la disminución en el contenido de alfa-galactósidos (en un 50%) presumiblemente colabore en el incremento significativo ($p<0,05$) de la ingesta que tiene lugar con estas dietas, respecto al garbanzo crudo.

Sobre la relación Ingesta-Taninos

La presencia de Taninos en la dieta es otro de los factores que puede afectar a la ingesta de la misma por las ratas, ya que, tras la ingestión y masticación de los alimentos, los taninos solubilizados pueden atrapar y precipitar las proteínas salivares. Esto reduciría las propiedades lubrificantes de la saliva, produciéndose en la boca una sensación de sequedad y afectaría la capacidad para tragar el alimento; según esto, la ingesta se reduciría (MOLE, 1989).

El contenido en taninos del Cicer arietinum que aparece en la bibliografía consultada presenta una gran variabilidad, de forma que PRICE y col. (1980) y SINGH (1988) no detectaron la presencia de estos compuestos en diversas variedades de garbanzo, y sin embargo, RAO y DEOSTHALE (1982) encontraron en esta leguminosa valores de 78 a 272 mg taninos/100 g de sustancia seca, siendo estas cantidades muy superiores a la determinada

por nosotros en el garbanzo crudo, que era igual a 1,19 ± 0,03 mg/100 g (NESTARES y col., 1993).

El control de la ingesta de alimento durante nuestros experimentos pone de manifiesto que no existe una correlación significativa entre el contenido en taninos de la dieta y el consumo de la misma por las ratas.

Todos los factores implicados en la regulación de la ingesta de alimento que hemos comentado, podrían ser, en conjunto, responsables del menor consumo por las ratas de la dieta de garbanzo crudo ensayada por nosotros respecto a otras dietas equilibradas, con distinto o igual contenido proteico (caseína), así como de la mejora de la ingesta que se consigue al someter el garbanzo a los diferentes procesos, bajo nuestras condiciones experimentales.

5.2.2. SOBRE LA EXCRECION FECAL

Es interesante el hecho de que el peso seco de las heces excretadas por las ratas que consumen el garbanzo crudo es significativamente menor al de los animales alimentados tanto con los garbanzos procesados como con una dieta control (12% caseína + 5% DL-metionina) ensayada por nosotros, en ratas en crecimiento, en trabajos anteriores (NESTARES, 1993). Esta diferencia de peso no puede justificarse por una mayor ingesta de alimento, ya que no existe correlación entre la ingesta de alimento y el peso seco de las heces obtenidos en

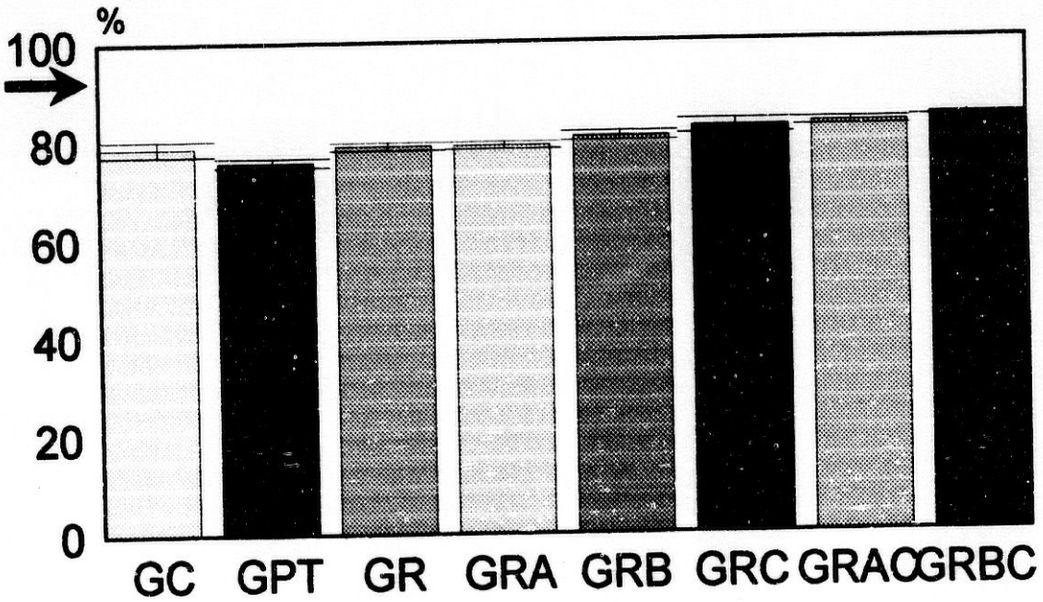
nuestros experimentos, a pesar de que el garbanzo crudo presenta la menor ingesta junto con una menor excreción fecal. El posible aumento de la excreción nitrogenada y de los hidratos de carbono tampoco justificaría este hecho, ya que, como comentaremos más adelante, hemos comprobado que tanto la proteína como el almidón se hacen más utilizables, a nivel digestivo, con los tratamientos realizados.

Posiblemente, el incremento de la celulosa, componente no fermentable de la fibra (BRAVO y col., 1991), que tiene lugar durante los procesos a que hemos sometido al garbanzo, sea el responsable del incremento de peso seco de las heces de las ratas alimentadas con estos garbanzos procesados; llegando incluso a igualarse dicho peso con el obtenido para la dieta control que, con un contenido en celulosa del 8%, da lugar a 1.365 $\pm$ 69,75 mg heces/rata/día en sustancia seca.

SAITO y SATO (1988), tras comparar dos dietas control (20% caseína) en las que solo se modificó el tipo de fibra de las mismas, obtienen un incremento del peso seco de las heces (del 50%) de las ratas en crecimiento que consumían la dieta con un 4% de celulosa frente a la que no contenía este componente de la fibra.

ATTIA y col. (1994), estudiando el efecto de la cocción sobre el contenido en las diferentes fracciones de la fibra de 3 variedades de Cicer arietinum, encontraron un incremento grande y significativo (del 16%) en la celulosa. Esto concuerda también con los resultados aportados por VIDAL y FRIAS (1991) para el garbanzo sometido a remojo en agua seguido de cocción.

Fig. 2 Coeficiente de Digestibilidad Aparente del nitrógeno en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



→ Dieta 12% caseina (NESTARES y col., 1993)

También hay que considerar el aumento indirecto del contenido en fibra total que tiene lugar en los garbanzos como consecuencia de los procesos de remojo y debido a la pérdida de nutrientes que tiene lugar durante los mismos por solubilización (VIDAL y FRIAS, 1991), ya que este hecho podría justificar, en parte, el menor peso seco de las heces obtenido con los garbanzos sometidos a presión + temperatura (GPT) respecto a los demás procesos.

5.2.3. SOBRE LA UTILIZACION NUTRITIVA DE LA PROTEINA

5.2.3.1. Sobre la Utilización Digestiva

La Utilización Digestiva de la proteína del Cicer arietinum, juzgada en función del índice **Coeficiente de Digestibilidad Aparente** (CDA), se encuentra dentro de los valores que para este índice aporta la bibliografía consultada (CHAVAN y col., 1989; COMBE y col., 1991; SAVAGE y THOMPSOM, 1993), siendo estos del 76 al 93%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en nuestros experimentos hemos usado el garbanzo como única fuente de alimento mientras que los diversos autores lo emplearon, en diferentes proporciones, como fuente proteica de una dieta ajustada y, en algunos casos, suplementada con aminoácidos.

El CDA del garbanzo, bajo nuestras condiciones experimentales, es inferior al de una dieta control, con un 12% de caseína + 5% DL-metionina, ensayada por nosotros en trabajos anteriores (NESTARES y col., 1993) y con la que se obtiene un CDA del 90,15 $\pm$ 0,71, en ratas en crecimiento (Fig. 2).

Asimismo, el CDA del garbanzo ensayado es inferior al obtenido por FERNANDEZ y col. (1993) para la Vicia faba cruda, siendo éste del 82,0 ± 0,28%.

La peor utilización digestiva de la proteína del garbanzo, comparada con la caseína, puede deberse a varios factores, entre los que destacan:

* el **incremento en la pérdida de Nitrógeno endógeno** que se produce por el aumento en el turnover de las células de la mucosa intestinal (BENDER y MOHAMMADIHA, 1981; SANOJA y BENDER, 1983). FAIRWEATHER-TAIT y col., (1983) describen el efecto "per se" del consumo de legumbres sobre este nitrógeno endógeno. Así, la existencia de una excreción endógena de nitrógeno aumentada, haría que el valor del CDA calculado para las legumbres esté infravalorado (COMBE y col. 1991).

* La presencia de **inhibidores de proteasas** (IP). Los valores de IP para el Cicer arietinum descritos en la bibliografía varían mucho debido presumiblemente a las diferentes técnicas analíticas usadas y a los distintos cultivos evaluados. Los valores obtenidos por nosotros en el garbanzo (10,43 ± 0,77 unidades/mg sustancia seca) (NESTARES y col., 1993) se encuentran dentro de los valores de referencia que aparecen en la bibliografía (SINGH, 1988), que van desde 6,7 a 14,6, con un valor medio de 10,9 unidades/mg.

Los IP inhiben la acción proteolítica de la Tripsina y Quimiotripsina, lo que da lugar a una digestión incompleta de las proteínas, por lo que habrá menos aminoácidos disponibles para la síntesis proteica. Los IP deben ser considerados como un factor negativo de la digestibilidad de la proteína.

* La presencia de **Taninos**. Estos factores antinutricionales incrementan la excreción fecal endógena de nitrógeno y podrían, en parte, ser responsables de la disminución de la digestibilidad aparente de la proteína.

SINGH y JAMBUNATHAN (1981b) encuentran una relación inversa ($r = 0,872$) altamente significativa ($p < 0,01$) entre la digestibilidad proteica *in vitro* y la cantidad total de compuestos polifenólicos en la semilla del garbanzo. Sin embargo, JANSMAN y LONGSTAFF (1993) afirman que los efectos antinutritivos de los taninos condensados de semillas de leguminosas en dietas para animales monogástricos dependen del nivel de estos taninos en la dieta, de forma que la digestibilidad aparente de aminoácidos parece ser lineal con este nivel. Los niveles mínimos para llegar a tener un efecto negativo sobre el desarrollo del animal no han sido establecidos (PRICE y col., 1980), pero con los garbanzos ensayados por nosotros, probablemente no se hayan alcanzado estos niveles, ya que, como hemos comentado en el apartado referente a la ingesta, el contenido en taninos determinado por nosotros ($1,19 \pm 0,03$ mg/100g sustancia seca) (NESTARES y col., 1993) es inferior a las cantidades que para esta leguminosa aparecen en la bibliografía (RAO y DEOSTHALE, 1982).

El bajo contenido en taninos de los garbanzos ensayados por nosotros unido al relativamente alto contenido en proteína de los mismos, hace que estos factores antinutricionales no causen efectos negativos sobre el desarrollo del animal (BUTLER, 1989). Además, bajo nuestras condiciones experimentales, la relación Taninos-Catequinas (que es índice del grado de polimerización de los taninos), no guarda relación con el CDA.

Por otra parte, JANSMAN y LONGSTAFF (1993) proponen que las ratas son capaces de adaptarse a los taninos de la dieta mediante un incremento en la secreción de proteínas salivares, las cuales atrapan los taninos tras su ingestión; así, los taninos formando complejo e inactivados, pasarían a través del tracto digestivo y se excretarían por heces, evitándose los efectos dañinos antinutricionales que pudieran producir.

Al someter el garbanzo a 120°C durante 15 minutos en autoclave, no solo no se mejora el CDA sino que disminuye significativamente ($p < 0,05$) respecto al garbanzo crudo. Este resultado es debido a la mayor y significativa ($p < 0,05$) excreción fecal de nitrógeno que se obtiene con este proceso, contrariamente a lo que cabía esperar, dada la reducción significativa de los TIA (del 30%) (NESTARES y col., 1993) que tiene lugar con el mismo.

También con la presión + temperatura se disminuye en un 47% (NESTARES y col, 1993) el contenido en taninos. Así, la peor utilización digestiva obtenida tras este proceso, a pesar de la reducción significativa de factores antinutricionales que podrían afectarla negativamente, se deba posiblemente a la desnaturalización que sufre la proteína con el calentamiento (BENDER, 1978) y que da lugar a la formación de péptidos resistentes a la acción de enzimas proteolíticas, excretándose por heces y disminuyendo, por tanto, la biodisponibilidad de algunos aminoácidos (KIRK, 1984).

VARELA y col. (1970) describen el efecto negativo que sufre la calidad proteica con el calentamiento a 120°C, durante 25 minutos.

GEERVANI y TEOPHILUS (1980), estudiando el efecto de los métodos de procesado

sobre la proteína del garbanzo, observan que el calor seco tiene un efecto más negativo sobre dicha proteína que el calor húmedo, ya que, tal y como comprobaron en trabajos anteriores VARELA y col. (1967), el agua ejerce un efecto protector frente a la acción del calor sobre la proteína.

Con los procesos de remojo, independientemente del medio utilizado, no mejora la utilización digestiva de la proteína respecto al garbanzo crudo, debido a que, aunque la ingesta es mayor, se incrementa en mayor grado la excreción fecal de nitrógeno. Esto podría deberse a que con estos procesos, bajo nuestras condiciones experimentales y tal y como cabía esperar, no se modifican significativamente los niveles de TIA del garbanzo (NESTARES y col, 1993).

Los procesos de remojo, como hemos visto, no mejoran el índice de CDA; sin embargo, las cocciones si lo mejoran, tanto respecto al garbanzo crudo como sometido a P+T^a o a remojo, a pesar de que no aumenta el incremento de peso de los animales que consumen los garbanzos sometidos a cocción, respecto a sus respectivos remojos (e incluso disminuye este incremento de peso con las cocciones). Esta mejora del CDA se debe a que, aunque la excreción fecal del nitrógeno no se modifica, si está aumentada la ingesta proteica.

El aumento, con las cocciones, del nitrógeno absorbido puede deberse, en parte, a la destrucción de los TIA que tiene lugar con estos procesos (NESTARES y col., 1993) y que origina una disminución del nitrógeno fecal endógeno ya que, al estar eliminados los TIA, el páncreas disminuye su secreción enzimática, contrariamente a lo que ocurría antes que, al inhibir los TIA a la tripsina, el páncreas aumentaba su secreción (LIENER, 1989),

incrementándose el nitrógeno fecal endógeno y, fundamentalmente, la eliminación de aminoácidos azufrados, con la consiguiente pérdida de metionina y cisteina para la síntesis de tejidos (LE GUEN y BIRK, 1993).

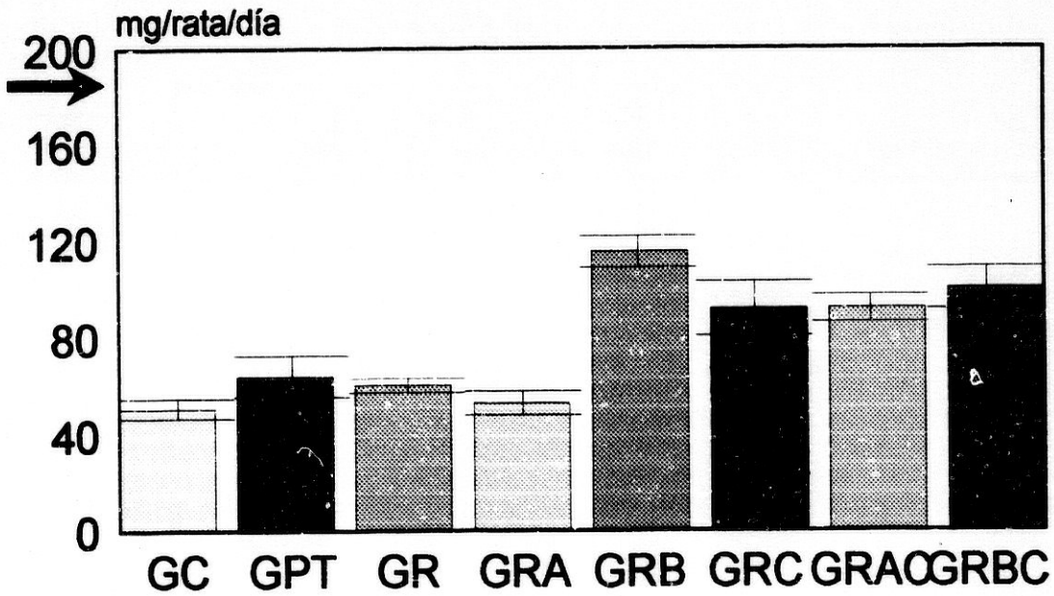
Nuestros resultados coinciden con los trabajos de SAVAGE y THOMPSON (1993) que, utilizando el garbanzo como única fuente proteica (al 8%) de una dieta ajustada, observaron que la cocción mejoraba significativamente la digestibilidad de dicha proteína, pasando del 85,9 ± 1,47 en el garbanzo crudo al 88,8 ± 0,52 en garbanzos cocinados a los que se habían eliminado los TIA en un 84,5% (pasando de 2,71±0,06 a 0,42±0,01 mg/g). El mayor valor de digestibilidad obtenido por estos autores en el garbanzo crudo, respecto al ensayado por nosotros, es lógico, ya que en la dieta ensayada por ellos están ausentes los demás factores que hemos visto anteriormente que afectan el CDA.

Con las cocciones no se observa el daño térmico de la proteína que indicábamos en el caso del garbanzo sometido a presión + temperatura porque la temperatura que se alcanza con las cocciones es inferior y, además, durante éstas, la humedad ejerce su efecto protector de la proteína.

5.2.3.2. Sobre la Utilización Metabólica

Se ha estudiado la utilización metabólica de la proteína en función del índice de Retención o **Balance**, que depende fundamentalmente de la calidad de la misma. Es interesante estudiar, junto al Balance nitrogenado, el índice de **Coeficiente de Eficacia en Crecimiento** (CEC).

Fig. 3 Balance de nitrogeno en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



→ Dieta 20% caseina (FERNANDEZ y col., 1993)

Fig.4 Coeficiente de Eficacia en Crecimiento en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados

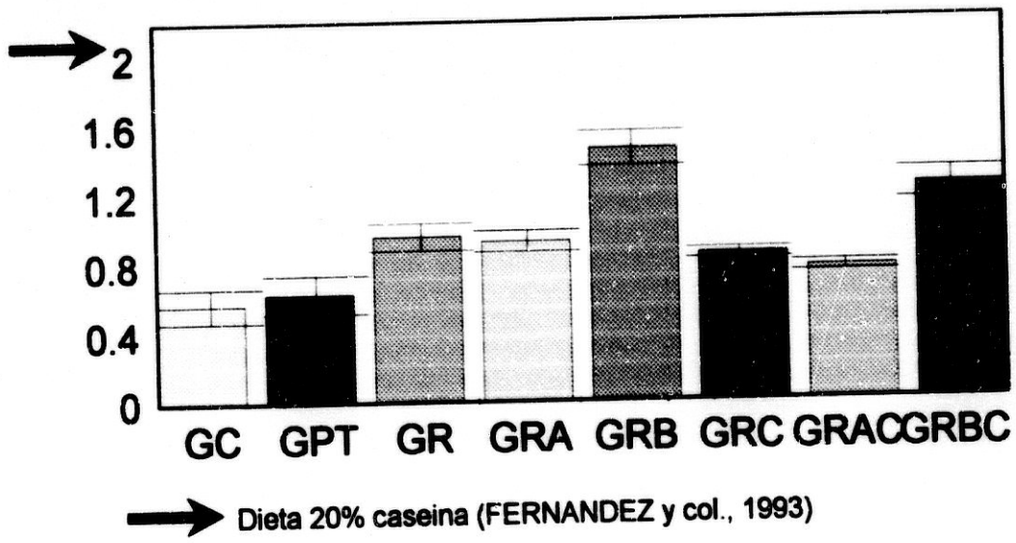
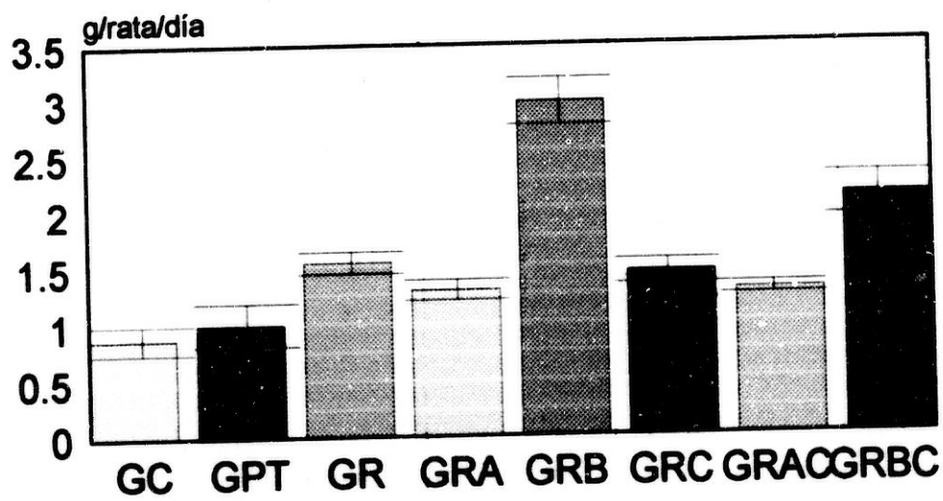


Fig.5 Incremento de peso en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



Con el Cicer arietinum, ensayado por nosotros, se obtiene un balance de nitrógeno inferior al obtenido por otros autores para esta leguminosa (CHAVAN y col., 1989; COMBE y col., 1991; SAVAGE y THOMPSON, 1993) aunque, al igual que indicábamos en el caso del índice CDA, hay que considerar que, en nuestro caso, se usa el garbanzo como única fuente de alimento.

Basándonos en la composición en aminoácidos determinada por nosotros en el garbanzo, cabría esperar una mayor utilización nutritiva de la proteína que la obtenida, ya que, al tener un alto nivel proteico, cubre los requerimientos dados por la NCR (1991) para ratas en crecimiento. Esto confirma la necesidad de la evaluación biológica de la proteína, porque los análisis químicos no siempre revelan mucho acerca de la biodisponibilidad de la proteína, ya que la utilización nutritiva de las proteínas vegetales no siempre se correlaciona bien con el Cómputo Químico y, además, la eficacia nutritiva de dicha utilización no solo depende del balance de sus aminoácidos disponibles, sino también de otros muchos factores como las posibles interacciones de los demás componentes de la dieta (VARELA y col., 1970).

El balance de nitrógeno conseguido por nosotros para el garbanzo es también muy inferior al de una dieta control ajustada, con un 20% de caseína + 0,5% DL-metionina, ensayada por FERNANDEZ y col. (1993) (Fig. 3). Estos autores obtienen en las ratas en crecimiento utilizadas, una ingesta proteica de 2,51 g/rata/día, que es el doble a la encontrada por nosotros (1,27 g/rata/día) y un incremento de peso que es cinco veces mayor que el de nuestros animales, lo que da lugar a un CEC de las ratas que consumen la caseína igual a 2,10, mientras que para el garbanzo crudo es de 0,57. Los mejores resultados obtenidos con

la caseína podrían justificarse en función de alta calidad proteica de la misma, tal y como confirma el Balance Nitrogenado a que da lugar (197,50 ± 22,96) y, también se debería al resto de los componentes de la dieta ensayada por FERNANDEZ y col., 1993, por estar ésta ajustada a los requerimientos para ratas en crecimiento (NCR, 1978).

Con los procesos de remojo en agua y medio ácido (GR y GRA) se produce una mejora en el incremento de peso de los animales (Fig. 5), respecto al garbanzo crudo (GC) así como un mayor CEC (Fig. 4), a pesar de que la ingesta proteica es solo ligeramente superior. Este hecho, no puede justificarse en base a la retención de Nitrógeno que tiene lugar con estos procesos, ya que éste no mejora significativamente (Fig. 3). Además, en el caso de estos procesos de remojo en agua y ácido, al someterlos a cocción, se produce una mejora significativa ($p<0,05$) en la retención de Nitrógeno (Fig. 3) y, sin embargo, no mejora el incremento de peso de los animales si lo comparamos con sus respectivos remojos (Fig. 5).

Hay que considerar que la mejora en el índice Coeficiente de Eficacia en Crecimiento, expresaría una mayor ganancia de peso de los animales en función de la cantidad de proteína ingerida por los mismos. Sin embargo, este índice no tiene en cuenta la utilización metabólica de la proteína y, por tanto, su calidad, así como tampoco considera la influencia que ejercen otros nutrientes de la dieta, como los hidratos de carbono, sobre el crecimiento de los animales.

Posiblemente, al someter el garbanzo a los diferentes procesos, se ha producido una mejora en la utilización de los hidratos de carbono por parte de los animales y que sería debida a las condiciones del procesado, ya que, la susceptibilidad del almidón para ser

digerido depende, entre otras cosas, del proceso culinario o tecnológico a que es sometido (HOLM y col., 1988; BRAVO y col., 1991) de forma que la temperatura, presión, pH y liofilización son factores que influyen en la mayor o menor formación de almidón no utilizable, con la consiguiente modificación de la digestibilidad del almidón, y la cantidad del mismo que pasa a ser excretada en heces.

Esta mejora en la utilización de los hidratos de carbono que ha podido tener lugar con el procesado del garbanzo, bajo nuestras condiciones experimentales, se confirma experimentalmente con los estudios realizados por RAO y RAO (1978), los cuales analizaron el efecto del almidón procedente del garbanzo sobre la utilización de la caseína en ratas y comprobaron que, tanto el peso ganado por las mismas y CEC como la Utilización Neta Proteica (UNP) y Valor Biológico (VB) de la caseína mejoraban cuando la leguminosa estaba cocinada, respecto a la cruda. Estos autores justifican, al igual que nosotros, esta mejora de la utilización nutritiva de la proteína en base a una mayor disponibilidad del almidón del garbanzo tras la cocción.

Con la dieta de garbanzos sometidos a presión + temperatura, se obtiene un CEC que no mejora significativamente respecto al garbanzo crudo (Fig. 4), no mejorándose tampoco la retención de nitrógeno (Fig. 3). Esto puede deberse a que, con este proceso, no hemos conseguido mejorar la utilización de los hidratos de carbono.

Por otra parte, la peor utilización del almidón que tiene lugar con el garbanzo sin procesar o sometido a presión + temperatura, no solo implica la menor obtención de energía disponible para el crecimiento de los animales sino que puede interferir con la utilización de

los aminoácidos, debido al desfase en el tiempo existente entre la absorción de dichos aminoácidos y los hidratos de carbono, tal y como describen RAO y RAO (1978). Esto podría justificar el hecho de que con la presión+temperatura no se mejore tampoco la utilización metabólica de la proteína respecto al garbanzo crudo, así como también explicaría la mayor utilización metabólica conseguida con los procesos de remojo en agua y ácido seguidos de cocción, y que es significativa ($p < 0,05$) respecto a sus respectivos remojos (Fig. 3).

Con el remojo en medio básico (GRB) se obtiene una retención de Nitrógeno significativamente mayor que con el garbanzo crudo (GC), sometido a P+T^a (GPT), remojo en agua (GR) o medio ácido (GRA) (Fig. 3), que justificaría el mayor incremento de peso que se obtiene con él, que es el doble o el triple, según cada caso (Fig. 5). Sin embargo, en el caso del remojo básico seguido de cocción, la retención de nitrógeno no mejora significativamente con respecto a las demás cocciones (Fig. 3) por lo que no justificaría el mayor incremento de peso obtenido con él y que es significativo ($p < 0,05$) respecto a las mismas (Fig. 5).

El remojo en medio básico del garbanzo hace disponible una fracción del almidón previamente indigestible, consistente en amilosa retrógrada (TOVAR y col., 1990) que daría lugar a una mayor utilización del almidón junto con una mejora de la utilización nutritiva de la proteína, debida al incremento de la proporción de amilosa, ya que existe una correlación altamente significativa ($r = 0,8$) entre el contenido en amilosa y la Utilización Neta de la proteína (caseína) de una dieta que contiene almidón procedente del garbanzo (RAO y RAO, 1978).

Así, al someter el garbanzo a los procesos de cocción y a remojo en medio básico, mejora considerablemente la utilización de la proteína en base a las modificaciones que tienen lugar en los hidratos de carbono durante estos tratamientos.

Por último, hay que considerar que la duración del período experimental realizado en el presente trabajo es relativamente corto (10 días), de forma que sí los experimentos se hubiesen prolongado en el tiempo (21 días), el efecto de la proteína de la dieta sobre el incremento de peso, se hubiese puesto de manifiesto de forma más significativa, no siendo entonces tan acusada la influencia de las modificaciones sufridas por los hidratos de carbono.

5.2.4. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DEL CALCIO

5.2.4.1. Sobre la Ingesta de calcio

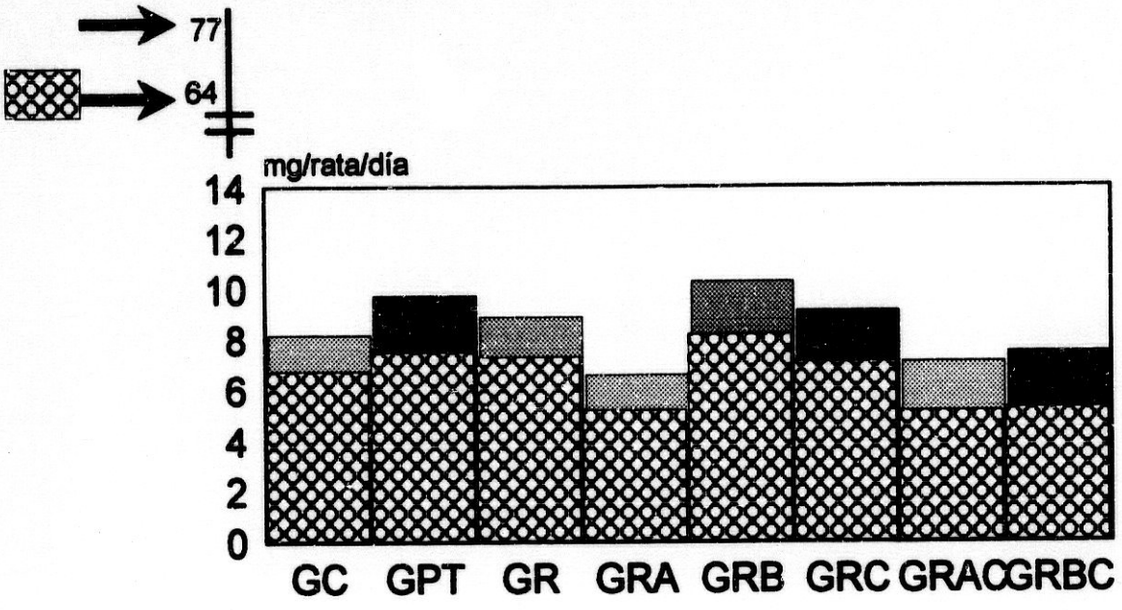
La ingesta de calcio de todas las dietas de garbanzo ensayadas por nosotros no es suficiente para cubrir los requerimientos en este mineral para ratas en crecimiento, siendo estos de 500 mg Ca/100g dieta (NCR, 1991).

5.2.4.2. Sobre la Utilización Digestiva del calcio

La baja ingesta de calcio conduce a valores absolutos de absorción del mismo (mg/rata/día) significativamente ($p<0,05$) inferiores al obtenido con una dieta control con 20% caseína + 0,5% metionina, ensayada por FERNANDEZ (1995), siendo esta igual a 64,13 $\pm$ 3,71 mg calcio/rata/día (Fig. 6). Sin embargo, al ser la excreción fecal de calcio de las ratas alimentadas con garbanzo significativamente ($p<0,05$) inferior a la de la caseína, se obtiene un Coeficiente de Digestibilidad Aparente para el calcio procedente del garbanzo (83,46 $\pm$ 2,92%) prácticamente igual al de la dieta control (83,76 $\pm$ 3,83%) (Fig. 7), siendo la absorción neta (juzgada por el coeficiente de digestibilidad aparente) de calcio del garbanzo crudo la adecuada para las ratas en crecimiento utilizadas en nuestros experimentos (HARDWICK y col., 1991), a pesar de que cabría esperar que esta absorción hubiera sido mayor dada la baja ingesta del catión, ya comentada.

Al someter el garbanzo a los diferentes procesos, se obtiene una reducción en el CDA, respecto al garbanzo crudo, que es significativa ($p<0,05$) en todos los casos, excepto para

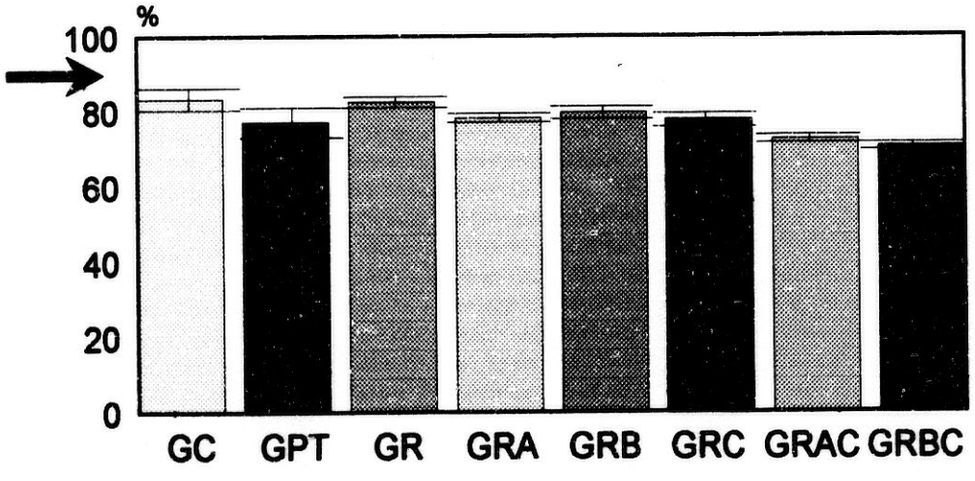
Fig.6 Calcio ingerido y Calcio absorbido en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



Dieta 20% caseina (FERNANDEZ., 1995)

Calcio absorbido

Fig.7 Coeficiente de Digestibilidad Aparente del calcio en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



Dieta 20% caseina (FERNANDEZ., 1995)

el remojo en agua (GR).

La peor utilización digestiva del calcio obtenida con el garbanzo procesado puede deberse a los diferentes componentes nutritivos de esta leguminosa y a una serie de factores de la dieta, que pueden afectar la absorción de este mineral, modificando su biodisponibilidad, y que son los siguientes:

a) Calidad y cantidad de la proteína

El efecto del contenido proteico de la dieta sobre la utilización del calcio es contradictorio aunque, en términos generales, parece que las dietas ricas en proteína favorecen la absorción del calcio (SANSTEAD, 1985).

Bajo nuestras condiciones experimentales, la cantidad de proteína de la dieta de garbanzo no parece afectar al aprovechamiento digestivo del calcio ya que, como hemos señalado anteriormente, el CDA obtenido con el garbanzo crudo es igual al de una dieta control con semejante nivel proteico (20% caseína) (Fig. 7).

Por otra parte, el nivel proteico del garbanzo parece ser el indicado para una adecuada utilización nutritiva del calcio, tal y como confirman los trabajos de KHAN y CHAKRABARTI (1978), los cuales comparan en ratas Wistar albinas (60-90 g) el efecto de dos niveles de proteína de garbanzo sobre la retención de calcio de una dieta ajustada, y comprueban que, cuando el nivel proteico es del 18%, la retención de este mineral es comparable a los valores que se obtienen con una dieta con el 18% de caseína; mientras que

si la proteína está al 12% en la dieta, el porcentaje de retención obtenido con la dieta de garbanzo se reduciría.

La peor utilización digestiva del calcio obtenida al someter el garbanzo a presión + temperatura podría ser debida a la desnaturalización que sufre la proteína con este proceso, como ya se ha comentado anteriormente.

Sin embargo, con los tratamientos de remojo, solos o seguidos de cocción, existe una mejora en la utilización digestiva de la proteína que no justificaría el empeoramiento de la digestibilidad del calcio.

b) Presencia de factores antinutritivos

El ácido fítico disminuye la biodisponibilidad del calcio ya que forma complejos insolubles con dicho catión (REDDY y col., 1982)

Si analizamos las cantidades de fósforo absorbido e ingerido por las ratas que consumen las dietas de garbanzo, así como el porcentaje de Inositol Hexafosfato (IHP) de dichas dietas, comprobamos que, bajo nuestras condiciones experimentales, se ha absorbido el fósforo procedente del ácido fítico que, tal y como postula FERNANDEZ (1995), se ha debido transformar en otros derivados de menor número de grupos fosfato, que pueden quelar iones divalentes y dificultar su absorción.

Sin embargo, bajo nuestras condiciones experimentales, el contenido en ácido fítico

del garbanzo no se modifica significativamente con el procesado, excepto en el caso del GRAC, por lo que la presencia de IHP no justificaría la disminución del CDA del calcio de los garbanzos procesados respecto al crudo.

c) Fibra

El Cicer arietinum tiene un elevado contenido en fibra, de un 15-19% según VIDAL y FRIAS (1989), siendo esta cantidad muy superior a los niveles de ingesta recomendados para ratas en crecimiento.

Existen diferentes opiniones sobre la influencia de la fibra sobre la disponibilidad de ciertos cationes. Según algunos autores (MUÑOZ, 1986; TORRE y col., 1992), la fracción soluble de la fibra dietética tiene capacidad para captar iones divalentes, hecho que disminuiría su biodisponibilidad. Sin embargo otros autores (INK y HURT, 1987) postulan que su degradación en el colon permite la liberalización y absorción de los minerales.

También existe cierta discordancia sobre la biodisponibilidad de determinados iones. Así, WALKER y col. (1986) comprobaron que, dietas ricas en fibra, daban lugar a deficiencias en calcio, zinc, magnesio, hierro, cobre, manganeso y fosfato, mientras que otros autores (MUÑOZ, 1986) no observaron esto. Esta diversidad de opiniones parece deberse a la distinta naturaleza de los componentes de la fibra, que depende directamente de su estructura química (TORRE y col., 1992).

Los resultados obtenidos por nosotros indicarían que el incremento de fibra que tiene

lugar al someter el garbanzo a los procesos de remojo, solos o seguidos de cocción, (VIDAL y col., 1993; ATTIA y col., 1994) y, concretamente el aumento de la celulosa o fracción insoluble de la misma, sea posiblemente el responsable de la peor utilización digestiva del calcio en estos casos, respecto al garbanzo crudo. Esto estaría de acuerdo con los resultados obtenidos por FERNANDEZ (1995) en la Vicia faba al someterla a los mimos tratamientos realizados por nosotros, ya que ésta autora comprueba, experimentalmente, el incremento de la celulosa con los procesos. Sin embargo, FERNANDEZ no encuentra correlación entre el contenido en fibra de las dietas de habas y la absorción de calcio, debido posiblemente al menor contenido en fibra de esta leguminosa respecto al garbanzo.

SPILLER (1986) afirma que la absorción de calcio puede disminuir por la adición de alimentos ricos en fibra a la dieta; confirmando nuestros resultados esta hipótesis.

d) Grasa

La interacción entre grasa y calcio está en función del grado de saturación y de la longitud de la cadena de los ácidos grasos (AG) de la dieta, de forma que, los AG de cadena media y corta tienen menor capacidad que los de cadena larga para formar jabones con el calcio, los cuales disminuyen su absorción (WILLIAMS y col., 1970). Según KIES (1988), la biodiponibilidad del calcio se incrementa paralelamente a la disminución de la longitud de la cadena del AG y al aumento del grado de saturación.

Al someter el garbanzo a temperatura, bien con presión o bien mediante cocción en agua, se podría haber producido una oxidación de los AG poliinsaturados del garbanzo. Sin

embargo, posiblemente este hecho no sea significativo ya que las temperaturas alcanzadas bajo nuestras condiciones experimentales, no son muy altas y, como es sabido, se requiere una temperatura cercana a los 180°C para producir un daño en la grasa. Además, aunque se hubieran destruido parcialmente los AG poliinsaturados, existe una baja proporción de AG saturados (10%, según CHAVAN, 1989) en el garbanzo, como para pensar en una posible influencia de los mismos sobre la absorción del calcio.

e) Interacción de minerales

Numerosos autores han establecido una conexión entre los metabolismos del calcio, fósforo y magnesio (FORBES, 1963; HARDWICK y col., 1990; BRINK y col., 1991, BRINK y col., 1992), siendo las interacciones dependientes de la cantidad ingerida de cada uno de ellos.

En la dieta de garbanzo crudo ensayado por nosotros, existe una cantidad de calcio que no cubre los requerimientos para ratas en crecimiento, mientras que el magnesio estaría en exceso y el fósforo ligeramente inferior a dichos requerimientos (NCR, 1991). Bajo nuestras condiciones experimentales, desconocemos las interacciones que han podido producir a nivel digestivo.

Por otra parte, ha sido descrito (KAUP, 1990) que el nivel de la ingesta de calcio modifica su absorción, existiendo una relación inversa entre ambas. En nuestros experimentos, no existe una correlación entre la ingesta de calcio y su absorción. Sin embargo, es posible que con los diferentes tratamientos de remojo y cocción, se haya perdido

una cantidad de calcio soluble utilizable distinta en cada caso, y que daría lugar a una variación en el aprovechamiento digestivo y metabólico del mismo.

f) Acción hormonal

La absorción de calcio mediante el mecanismo de transporte activo es dependiente del 1,25 $(OH)_2D_3$ y varía inversamente con la ingesta de calcio (PANSU y col., 1983). Por su parte, la síntesis del 1,25 $(OH)_2D_3$ tiene lugar a partir de la vitamina D_3 de la dieta y mediante un proceso estimulado por la Paratohormona (PTH).

Con la dieta de garbanzo crudo existe un bajo aporte de vitamina D, por lo que suponemos que el transporte activo de calcio no ha funcionado plenamente y, por tanto, la absorción debe haberse realizado mayoritariamente por difusión siendo su eficacia menor que la del transporte activo. Aunque hay que considerar que pueden existir depósitos de vitamina D en el tejido graso del animal, que podrían dar lugar a una pequeña proporción de transporte activo.

5.2.4.3. Sobre la Utilización Metabólica del Calcio

La excreción urinaria de calcio de las ratas alimentadas con las dietas de garbanzo, crudo o procesado, bajo nuestras condiciones experimentales, es significativamente inferior a la de las ratas que consumen una dieta control con 20% caseína + 0,5% metionina, ensayada por FERNANDEZ (1995), ya que esta autora encuentra 5,67 ± 1,04 mg Ca/rata/día en orina.

Fig.8 Balance de calcio en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados

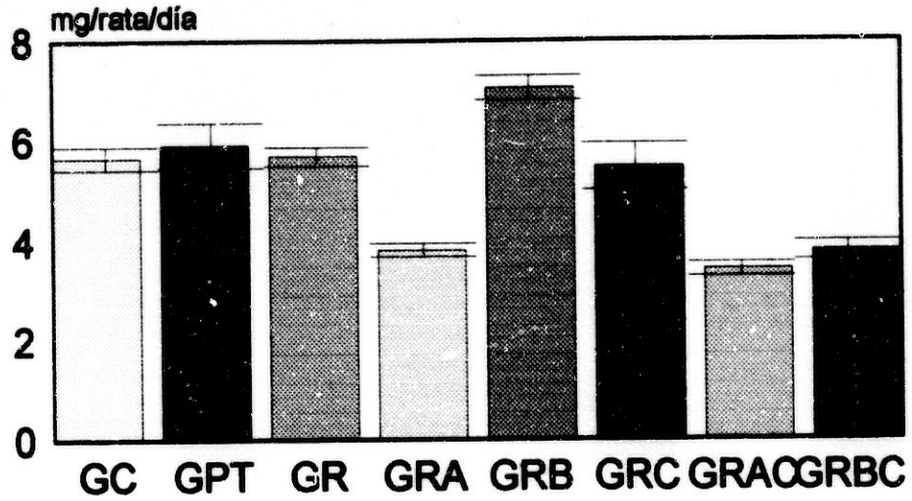
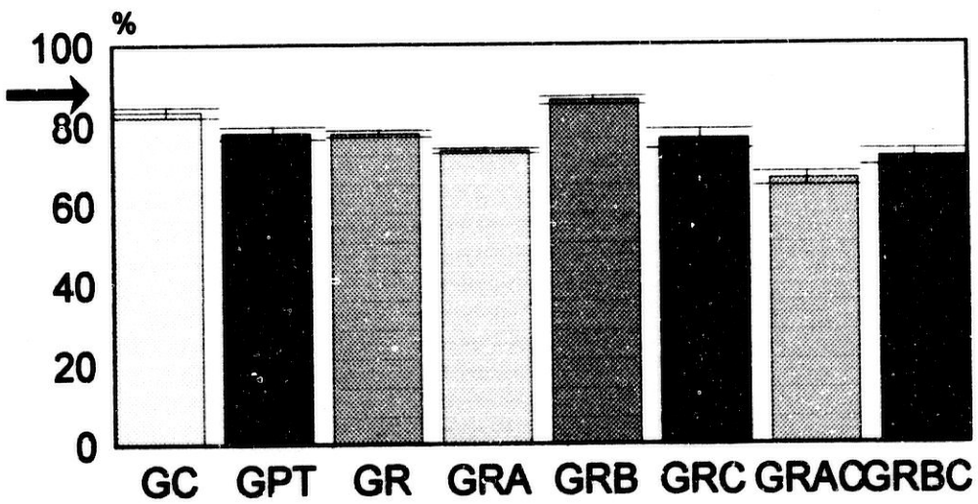


Fig.9 Porcentaje de calcio Retenido en función del Absorbido en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



→ Dieta 20% caseina (FERNANDEZ, 1995)

Los resultados de excreción urinaria de calcio unidos a los bajos valores netos de calcio absorbido, ya comentados, dan lugar al bajo **balance** de calcio obtenido por nosotros para el garbanzo (Fig. 8).

Sin embargo, existe una correlación muy elevada ($r=0,9708$ y $p=0,000$) entre el **Calcio absorbido** y el **Calcio retenido** (Fig. 9), lo que indica que la regulación del calcio tiene lugar a nivel digestivo; de forma que los altos niveles de PTH (debido a la baja ingesta del catión y a la deficiencia en vitamina D) hacen que cuanto más calcio se absorbe más se retenga.

La utilización metabólica del calcio, juzgada por el %R/A, es similar a la de la dieta control de 20% caseína (FERNANDEZ, 1995), con la que se obtiene un valor de $91,15 \pm 1,81$ para este índice (Fig. 9). Esto podría indicarnos que ha existido una correcta utilización del ión absorbido.

Por otra parte, aunque la excreción urinaria de calcio de las ratas de nuestras experiencias es muy baja, no llega a unos niveles mínimos, posiblemente debido a que nos encontramos próximos a los niveles de excreción endógena.

La **homeostasis** del calcio está perfectamente regulada por distintos compartimentos para mantener los niveles plasmáticos del catión dentro de valores fisiológicos (VAN BERESTEJIN, 1993), no alterándose las funciones vitales que regula este ión. Bajo nuestras condiciones experimentales, con unas dietas que no cubren los requerimientos en calcio, aunque no se modifiquen los niveles plasmáticos del mismo, se ven afectados los

compartimentos reguladores del metabolismo del calcio, el hueso y el músculo.

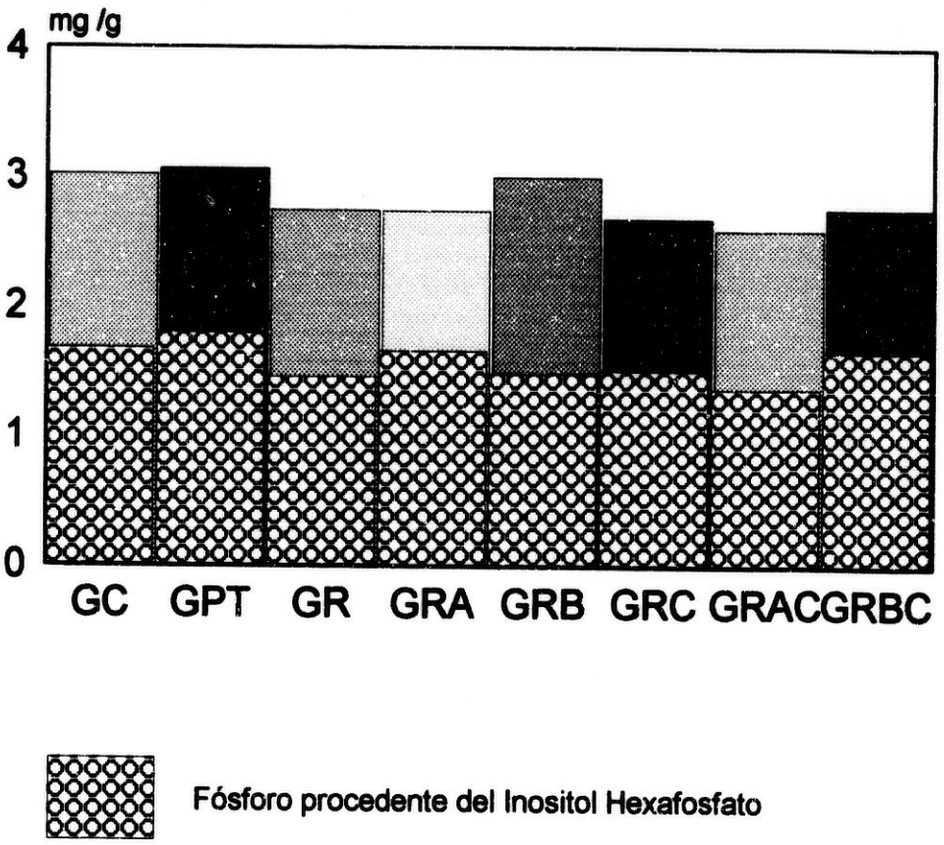
Ha sido descrita la depresión en la calcificación del hueso debida a la presencia de ácido fítico en las dietas bajas en calcio (PIERCE y col., 1977), ya que estas dietas promueven la disponibilidad del fítico formándose compuestos anticalcificantes como inositoles di y tri-fosfatos que, como es conocido, inhiben la calcificación (VAN DER BER y STANBURY, 1972).

El contenido en calcio del **fémur** (expresado como mg Ca/g ceniza) de las ratas alimentadas con los garbanzos, crudos o procesados, ha descendido respecto al nivel que presentan las ratas en crecimiento alimentadas con la dieta con 20% caseína (FERNANDEZ, 1995), ya que estas tienen en fémur 522,8 $\pm$ 93,09 mg Ca/g ceniza. Sin embargo, dada la baja ingesta y la absorción neta de calcio de las ratas alimentadas con garbanzos, la disminución del contenido en calcio de estos animales respecto a los de la caseína debería haber sido más acusada.

Hay que considerar que el período experimental ha sido relativamente corto (10 días) y esto tiene como consecuencia que no se haya afectado la osificación en la medida que cabría esperar, a pesar de la baja ingesta de calcio y la etapa de crecimiento de los animales utilizados, en la cual se requiere un mayor aporte mineral.

El contenido en calcio del **músculo** *longissimus dorsi* de las ratas alimentadas con garbanzos, crudos o procesados, ha disminuido significativamente respecto a las ratas que consumen la dieta de 20% caseína (FERNANDEZ, 1995) presentando estas un valor de 22,83

Fig.10 Contenido en fosforo total y procedente del Inositol Hexafosfato de las dietas de garbanzos crudos o procesados



± 4,86 mg Ca/g cenizas en músculo *longissimus dorsi*.

Los trabajos realizados en animales adultos ponen de manifiesto que el músculo es más sensible a las modificaciones homeostáticas del calcio que el hueso, estando éste sometido a procesos más finamente regulados para impedir la descalcificación ósea. Así, en los experimentos realizados por nosotros se observa una mayor afectación del músculo por la deficiencia de calcio, a pesar de haber utilizado ratas en crecimiento (en las que, además de remodelación ósea, existe crecimiento en longitud), posiblemente debido a los diversos factores ya comentados anteriormente.

5.2.5. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DEL FOSFORO

5.2.5.1. Sobre la Ingesta de Fósforo

En nuestras condiciones experimentales, el fósforo total aportado por las dietas de garbanzos crudos o sometidos a los diversos procesos, no es suficiente para cubrir los requerimientos en este mineral de las ratas en crecimiento, siendo estos de 400mg/100g dieta (NCR, 1991). Además, un porcentaje elevado (57%) de dicho fósforo procede del ácido fítico (Fig. 10), que ha sido descrito como no utilizable.

El proceso de remojo en medio ácido, solo o seguido de cocción, no mejora, en valores absolutos, la cantidad de **fósforo ingerido**, respecto al garbanzo crudo.

5.2.5.2. Sobre la Utilización Digestiva del Fósforo

La utilización digestiva del fósforo, juzgada en función del CDA, es inferior a la encontrada en ratas en crecimiento, alimentadas con una dieta control de 20% caseína-metionina, con la que se obtiene un CDA de 94,49 ± 1,45 (FERNANDEZ, 1995) (Fig. 11) a pesar de que ,dado que la ingesta de fósforo con las dietas de garbanzo no cubre los requerimientos en este mineral para ratas en crecimiento, cabía esperar que se hubiera forzado la absorción de fósforo.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el 57% del fósforo total es IHP, que probablemente no sea completamente utilizable. Además, bajo nuestras condiciones experimentales, existe una ingesta elevada de magnesio y baja de calcio, situación en la que, según HARDWICK (1991), se vería significativamente disminuida la absorción de fósforo inorgánico.

La utilización digestiva del fósforo procedente del Cicer arietinum, ensayado por nosotros, es similar a la de Vicia faba, siendo esta de 75,22 ± 2,59 (FERNANDEZ, 1995).

Al someter el garbanzo a P+T^a, bajo nuestras condiciones experimentales, no mejora el CDA respecto a la leguminosa cruda (Fig. 11), a pesar de que se ha absorbido más fósforo total (del orden del 23%) (Fig. 12) lo que indica que esta mayor absorción era debida una mayor ingesta (del orden del 22%) y no se debe a ningún cambio originado por el proceso.

En general, el CDA del fósforo de los garbanzos procesados, es similar al obtenido

Fig.11 Coeficiente de Digestibilidad Aparente del Fósforo en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados

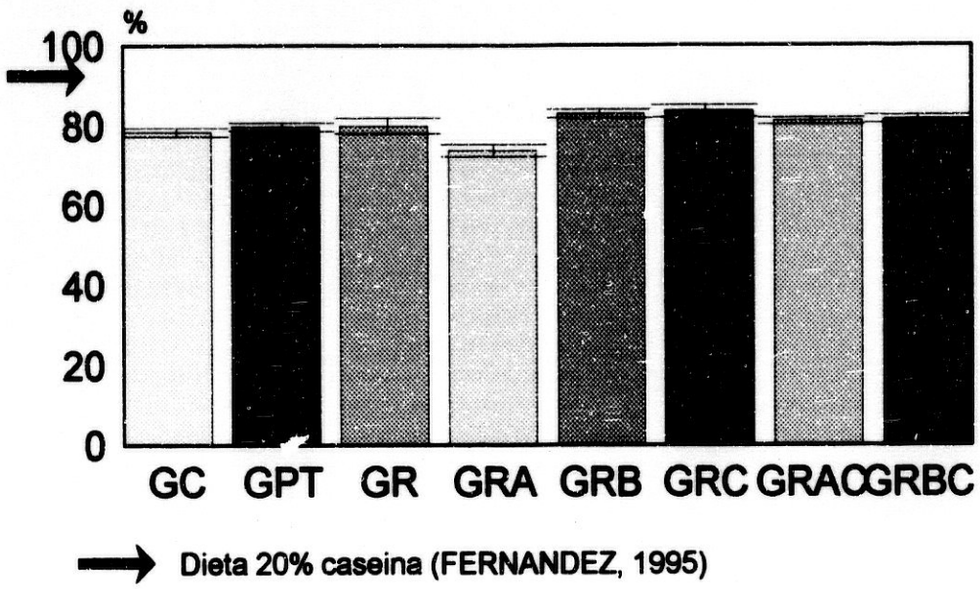
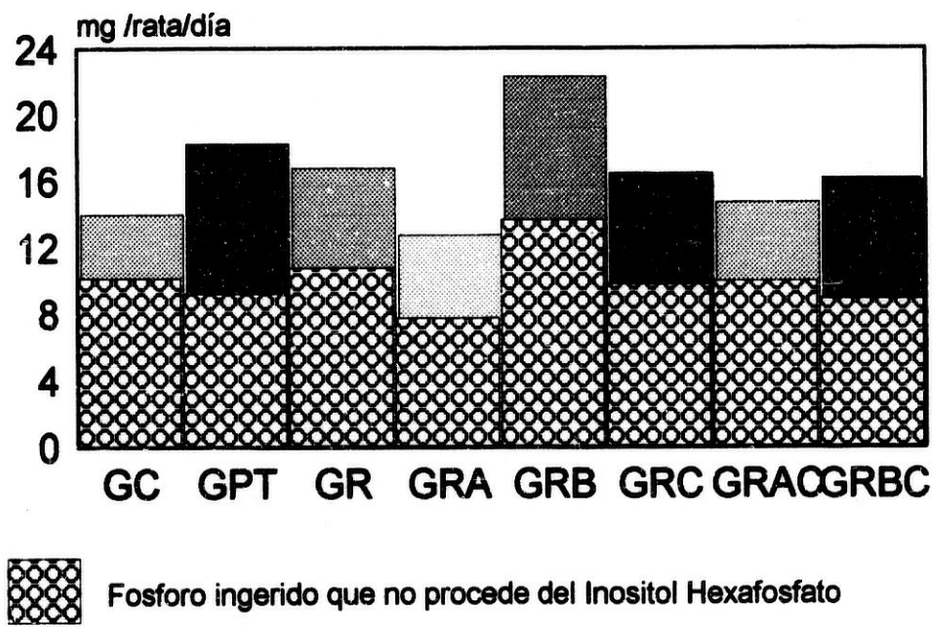


Fig.12 Fósforo Total Absorbido y Fosforo Ingerido que no procede del Inostol Hexafosfato en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



en el garbanzo crudo (Fig. 11), a pesar de las pérdidas de fósforo soluble que tienen lugar durante los mismos. Posiblemente sea debido a la existencia de otra fuente de aporte de fósforo procedente del IHP (Fig. 12). Así, durante el proceso digestivo el IHP procedente de la dieta de garbanzo ha sido transformado. Dicha transformación ha podido deberse a la actuación de la fitasa procedente de la leguminosa que en el estómago encontraría un pH adecuado para su actuación, transformando el IHP en inositol pentafosfato (IPP), sobre el que posteriormente podría actuar la fosfatasa alcalina (RAHHOTRA y LOEWE, 1975; YANG y col., 1991, JANY Kl-D, 1993) que transformaría el IPP en P inorgánico e inositoles fosfato de más bajo contenido de grupos fosfato (SANDBERG y AHDERINNE, 1986; JANY Kl-D, 1993). Además, en esta transformación podría intervenir la fitasa endógena del animal, ya que YANG y col. (1991) han purificado y caracterizado una enzima con actividad fitasa y fosofatasa alcalina, procedente de la mucosa intestinal de la rata y, que según estos autores, tendría capacidad para hidrolizar el ácido fítico del intestino.

Estos procesos conducirían a que en el lumen intestinal pudiera haber mayor cantidad de fósforo disponible procedente de ácido fítico y que podría ser absorbido junto con el fósforo no fítico.

En nuestras condiciones experimentales existe además otro factor que ha colaborado a crear las condiciones óptimas para la actuación de la fitasa y fosfatasa alcalina, y es el bajo contenido en calcio que existe en la dieta. Estos enzimas actúan más eficazmente cuando el ácido fítico se encuentra libre, no unido a minerales divalentes. La formación de complejos entre el ácido fítico y distintos metales, está favorecida por la unión previa de calcio y ácido fítico (WISE, 1980), por lo que la baja concentración de calcio de las dietas de garbanzo ha

promovido la disponibilidad del fósforo del fitato, de acuerdo con lo descrito por NAHAPETIAN y YOUNG (1980).

En los garbanzos ensayados por nosotros, esta hipótesis estaría apoyada por el hecho de que la cantidad de fósforo absorbido es mayor a la cantidad de fósforo no fítico procedente de la dieta (Fig. 12). Así, de los 17,85 mg de P total/rata/día que consumen las ratas alimentadas con garbanzo crudo el 57% procede de IHP, se ingieren aprox. 10 mg del mismo y, si se han absorbido 14,03 mg de fósforo, quedarían aprox. 3,8 mg de fósforo no absorbido por lo que se concluye que se ha absorbido parte del fósforo procedente del IHP. Esto mismo ocurre con los demás grupos experimentales ya que la cantidad de IHP ingerida en los mismos es igual a 13,7, 10, 9,5, 13,2, 9,8, 8,2 y 10,9 mg para los grupos GPT, GR, GRA, GRB, GRC, GRAC y GRBC respectivamente, siendo estas cantidades superiores a la de P no absorbido que equivale a 4,7, 4,1, 4,5, 4,6, 3,1, 3,4 y 3,6 mg, respectivamente (de 3,1 a 4,7 mg). Así, la cantidad de P absorbido es mayor que la cantidad de P alimentario no fítico que contiene la muestra por lo que se concluye que se ha absorbido IHP.

En el caso de la Vicia faba, al someterla a P+T^a, en condiciones similares a las nuestras, se mejora el CDA respecto al haba cruda, dado que con este proceso, en el haba, se libera fósforo utilizable, debido a la transformación del IHP en inositoles de menor número de grupos fosfato (FERNANDEZ, 1995).

Con el garbanzo sometido a remojo en medio básico, se obtiene una mayor cantidad de fósforo neto absorbido, debido a que la ingesta de fósforo es significativamente ($p < 0,05$) mayor y a que, con este proceso, no han existido pérdidas por solubilización.

El efecto de la mayor ingesta de fósforo sobre la cantidad neta absorbida del mismo, se pone también de manifiesto en el caso del garbanzo sometido a presión+temperatura.

En el caso de la Vicia faba, la mayor ingesta de fósforo condujo a una mayor absorción neta del mismo (FERNANDEZ, 1995).

5.2.5.3. Sobre la Utilización Metabólica del Fósforo

Los mecanismos reguladores del movimiento de fósforo en los diversos compartimentos del organismo no están bien establecidos, pero es bien conocido que la regulación homeostática del metabolismo del fosfato se realiza por variaciones en la ingesta alimentaria y en la excreción renal, pudiendo existir grandes oscilaciones en los niveles plasmáticos de fósforo que pueden llegar hasta un 50% de su valor normal (AVIOLI, 1980). Por otra parte, hay que tener en cuenta que no solo existe un equilibrio entre fósforo sanguíneo y fósforo óseo, sino también con el que existe en otros tejidos y con gran número de compuestos de fósforo orgánico que resultan del metabolismo celular. Lo que sugiere que la regulación hormonal del metabolismo del fosfato no está encaminada a mantener dentro de unos límites muy estrechos el nivel sanguíneo de este mineral (BRINGHURT y POTTS, 1981; ARANDA, 1984).

Si se compara con los valores obtenidos para una dieta control de caseína-metionina, en los garbanzos crudos ensayados por nosotros, la excreción urinaria de fósforo es muy elevada, y la absorción es relativamente baja; lo que da lugar a una retención de fósforo muy baja (Fig. 13).

La elevada excreción urinaria de fósforo se debe al efecto que tiene la paratohormona (PTH) (que está aumentada, por la deficiencia de calcio en la dieta) sobre la reabsorción tubular del anión. En nuestra dieta está disminuido el aporte de vitamina D y por lo tanto, no está inhibida la síntesis y secreción de PTH. Es conocido que esta hormona inhibe la reabsorción de fosfato directamente, tanto en el túbulo proximal como en el distal (acción mediada por el sistema adenilato ciclasa-AMPc), e indirectamente, modificando la reabsorción en el túbulo proximal de bicarbonato. Este hecho produce alcalinización y un aumento en la relación $HPO4^{2-}/H_2PO^{4-}$ dificultando la reabsorción local de fosfato.

Los niveles de retención son muy pequeños por lo que, a pesar de las variaciones que existen entre los diferentes procesos, no se manifiestan estos cambios a nivel de músculo y fémur, en los que se obtienen valores para el fósforo (expresado como mg P/g ceniza) similares a los que se encuentran en ratas en crecimiento alimentadas con una dieta control de caseína-metionina (FERNANDEZ, 1995), a pesar de que con ésta dieta la retención de fósforo era muy superior; esto se debe posiblemente al menor crecimiento de las ratas que consumen garbanzos y dada la corta duración del período experimental.

5.2.6. SOBRE LA EVALUACION BIOLOGICA DEL MAGNESIO

5.2.6.1. Sobre la Ingesta de Magnesio

El contenido en magnesio de todas las dietas de garbanzo ensayadas por nosotros, a pesar de las pérdidas que tienen lugar con el procesado, es muy superior a los requerimientos

Fig.13 Magnesio Ingerido y Absorbido en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados

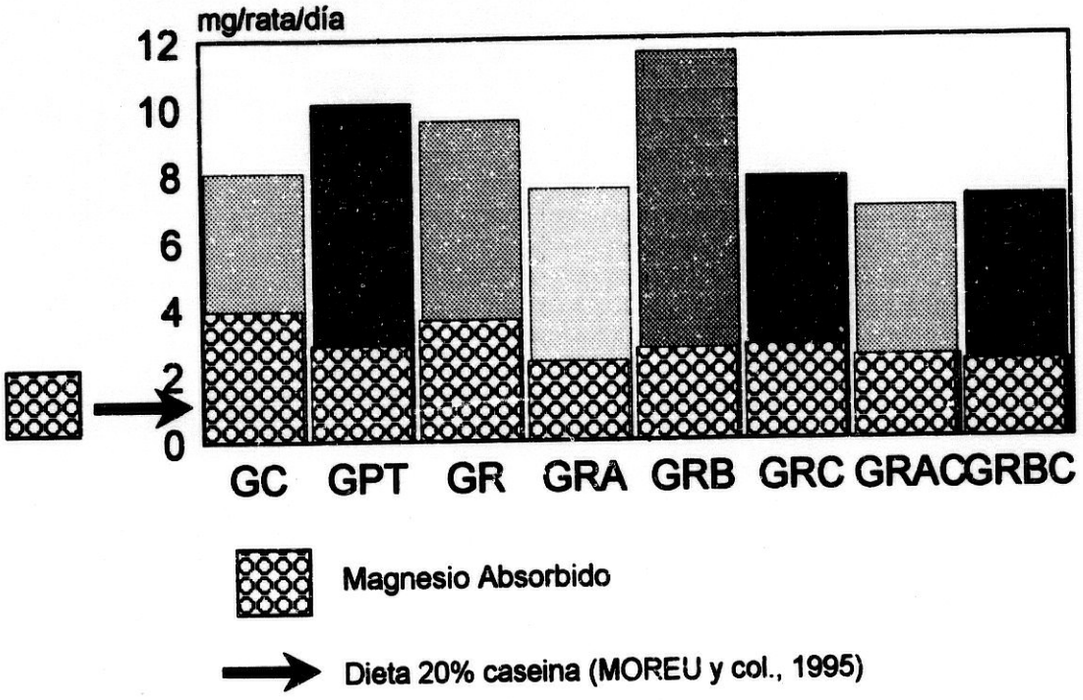
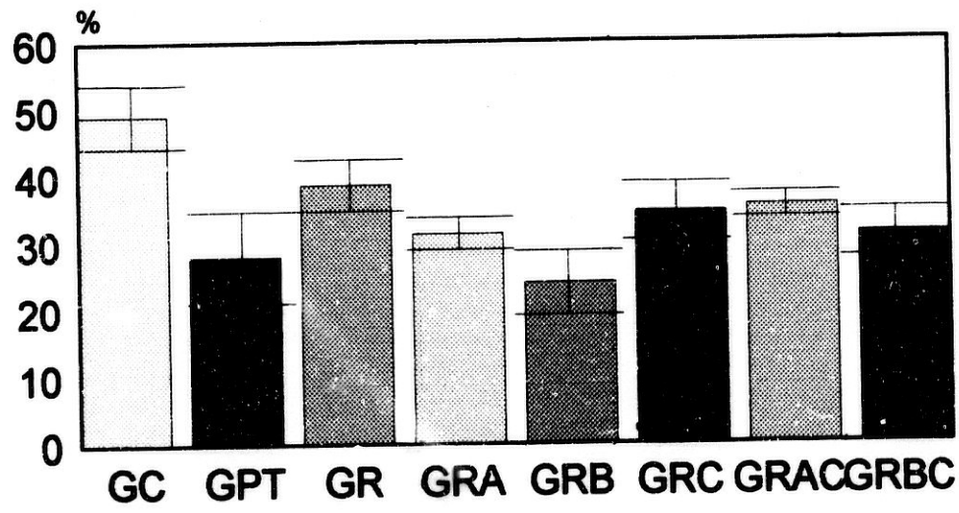


Fig.14 Coeficiente de Digestibilidad Aparente del Magnesio en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



en este mineral para ratas en crecimiento, siendo estos de 40 mg magnesio/100g dieta (NCR, 1991).

5.2.6.2. Sobre la Utilización Digestiva del Magnesio

La utilización digestiva del Cicer arietinum ensayado por nosotros, juzgada en función del índice CDA, es de aproximadamente un 50% (Fig. 14), siendo, por tanto, inferior al 88% encontrado por HARDWICK y col. (1990) en ratas en crecimiento alimentadas con una dieta ajustada (AIN, 1976), que contiene cantidades normales de calcio y magnesio (0,5 y 0,05%, respectivamente).

La menor utilización digestiva obtenida por nosotros era de esperar, dada la elevada ingesta de magnesio de las ratas alimentadas con los garbanzos (Fig. 13). Así, cuando HARDWICK y col. (1990) aumentan el magnesio de la dieta ensayada por ellos, a un nivel del 0,4%, obtienen valores de CDA para este mineral del 63%, que sigue siendo superior al encontrado por nosotros, debido posiblemente a la peor calidad proteica de nuestra dieta que, como es sabido, da lugar a una disminución de la utilización digestiva del magnesio.

Además, bajo nuestras condiciones experimentales, existe una deficiencia de vitamina D, que reduciría el transporte activo de magnesio (EBEL y GUNTHER, 1980), aunque, según HARDWICK y col. (1991), el efecto de la vitamina D sobre la absorción total de magnesio, no es muy significativo.

A pesar de la baja utilización digestiva del magnesio de las ratas alimentadas con

garbanzos crudos, la **absorción neta** de este mineral es muy alta, siendo comparable a la obtenida con una dieta ajustada con 20% caseína + 0,5% metionina ensayada en nuestro Departamento por MOREU, con la que se absorben 1,91 ± 0,22 mg/rata/día (comunicación personal). Esto podría ser debido a la elevada ingesta de magnesio de las ratas alimentadas con garbanzo. Además, al existir una deficiencia de calcio en la dieta de garbanzo, tiene lugar un incremento en los niveles de paratohormona (PTH) que, unido a la ausencia de interacciones calcio-magnesio, favorecería la absorción de magnesio.

El efecto de la calidad proteica sobre la utilización digestiva del magnesio, se pone de manifiesto en la dieta de garbanzos sometidos a presión + temperatura (GPT), en la cual, a diferencia de lo que vimos para el calcio, al existir una elevada ingesta de magnesio, se hace más notable la influencia de la proteína.

Sin embargo, en la experiencia de GPT, además de una caída en el CDA del magnesio, existe una menor absorción neta del mismo respecto al garbanzo crudo (Fig. 13), a pesar de que la ingesta de magnesio con el garbanzo así procesado, es mayor. Este hecho confirma la existencia de otros factores que afectan a la absorción de este mineral, y uno de ellos puede ser el contenido en fibra de la dieta.

Como ya hemos comentado anteriormente, el Cicer arietinum tiene un elevado contenido en fibra, que se ve incrementado con el procesado a que es sometido la leguminosa bajo nuestras condiciones experimentales, aumentándose fundamentalmente la celulosa o fracción insoluble de la fibra. Esto daría lugar a un aumento de la excreción fecal, ya comentado, que tendría como consecuencia una mayor eliminación de magnesio por heces,

ya que disminuye la absorción de este mineral por el mecanismo de arrastre de disolvente, el cual es, cuantitativamente, el más importante para el magnesio (CHUTKOW, 1964). Hay que considerar que, en nuestras experiencias, la mayor excreción fecal va unida a un aumento en el contenido en agua de las heces.

La eliminación de magnesio por heces unida a una mayor excreción fecal, se pone de manifiesto en las ratas alimentadas con garbanzos procesados, dando lugar a una menor absorción neta del mineral respecto al garbanzo crudo. Este hecho se hace más acusado en la experiencia de garbanzos remojados en medio básico (GRB) en la que, al presentar la mayor ingesta de alimento, la cantidad de fibra ingerida es también mayor, dando lugar a un volumen fecal que es el doble del obtenido con el garbanzo crudo, siguiendo esta misma proporción la excreción de magnesio por heces y dando, por tanto, lugar a un menor valor de magnesio absorbido neto en el caso del garbanzo procesado (Fig. 13).

Por otra parte, la pérdida de magnesio soluble que tiene lugar con el procesado de los garbanzos, y que es significativamente mayor en el caso de las cocciones, da lugar a una menor ingesta del catión y, consiguientemente, una menor absorción neta del mismo. Así, esto explicaría que, en el caso del garbanzo remojado en agua (GR), a pesar de existir una elevada excreción de magnesio, haya una mayor absorción neta del mismo respecto a los demás garbanzos procesados (Fig. 13), debido posiblemente a la menor pérdida de magnesio soluble que tiene lugar con el remojo en agua.

5.2.6.3. Sobre la Utilización Metabólica del Magnesio

La **excreción urinaria** de magnesio de las ratas alimentadas con la dieta de garbanzo, crudo o procesado, bajo nuestras condiciones experimentales, es significativamente superior a la de las ratas que consumen una dieta control con 20% caseína ensayada en nuestro Departamento por MOREU, con la que se obtiene 1,11 ± 0,09 mg Mg/rata/día en orina (comunicación personal).

La elevada excreción urinaria de magnesio, en el caso del garbanzo da lugar a un **balance** negativo del mismo, a pesar de la alta absorción neta del mineral.

Posiblemente, la peor calidad de la proteína del garbanzo respecto a la caseína, sea responsable del aumento en la excreción urinaria de magnesio que tiene lugar con esta leguminosa, ya que, como es sabido, la mayor proteinuria originada por el consumo de una proteína de baja calidad, inhibe la reabsorción tubular de magnesio, aumentándose la eliminación urinaria del catión.

Por otra parte, hay que considerar que, la elevada ingesta de magnesio, no solo influye sobre la absorción del mismo, sino que también favorece su eliminación renal.

Al someter el garbanzo a los tratamientos de cocción y remojo en medio básico, se consigue una mayor utilización nutritiva de la proteína, que no se justifica en base a modificaciones de la composición aminoacídica de la misma, sino a la mayor utilización de los hidratos de carbono que tiene lugar con los tratamientos. Esta mejora de la utilización de

la proteína del garbanzo procesado, en función de los hidratos de carbono, no lleva a valores de %R/A de nitrógeno suficientemente elevados como para influir positivamente sobre la utilización metabólica de magnesio.

El contenido de magnesio en **fémur** y **músculo** *longissimus dorsi* de las ratas alimentadas con las dietas de garbanzo, pone de manifiesto que no ha existido una movilización del mineral en estos órganos (Fig. 15 y 16). Estos resultados son lógicos si se tiene en cuenta que el magnesio de la dieta es elevado y la absorción neta es buena, por tanto, no cabe esperar que la Paratohormona movilice el magnesio del hueso o del músculo, como lo hace cuando la absorción intestinal del catión está gravemente dañada (McINTYRE y col., 1961).

Posiblemente, el período experimental (10 días) no ha sido suficientemente largo como para poner de manifiesto el efecto del exceso de magnesio en la dieta y la baja calidad proteica, sobre la utilización metabólica del catión (LERMA, 1993).

Fig.15 Contenido en magnesio del fémur en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados

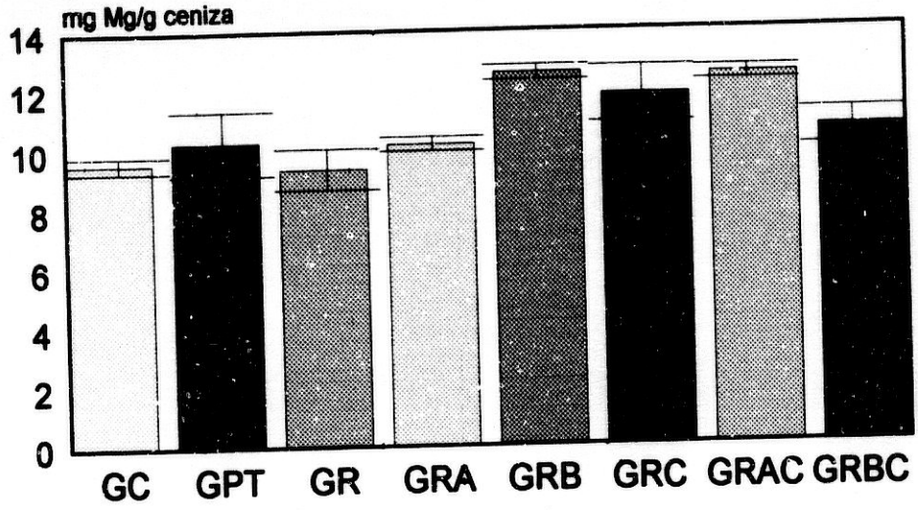
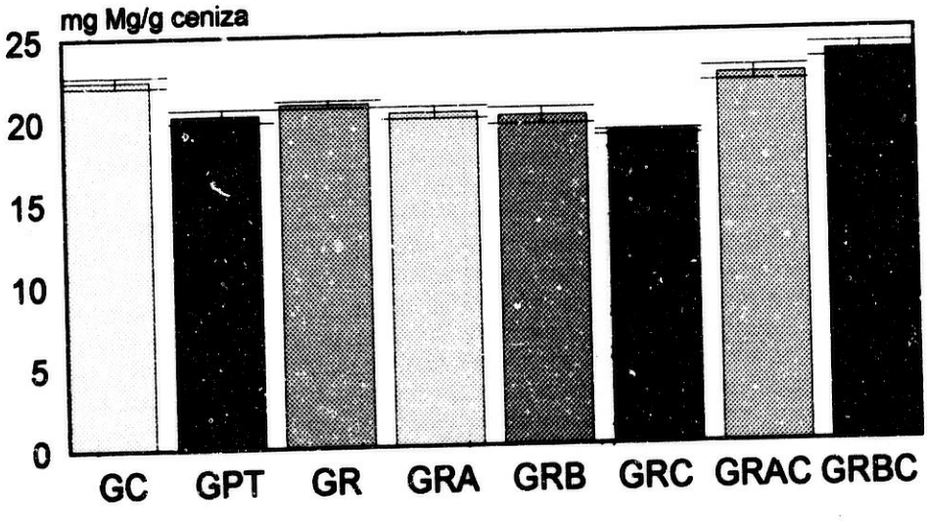


Fig.16 Contenido en magnesio del músculo en ratas alimentadas con las dietas de garbanzos crudos o procesados



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Sobre la Valoración Química de la Proteína de *Cicer arietinum*

Conclusión 1ª

La valoración química de la proteína del *Cicer Arietinum*, tanto crudo como procesado, juzgada en función de la Riqueza Proteica, Proteína Verdadera, aminograma y Cómputo Químico, indica que esta leguminosa tiene una cantidad de aminoácidos adecuada, debido a la elevada cantidad de proteína que posee, para cubrir los requerimientos en aminoácidos de las ratas en crecimiento.

Sobre la Valoración Biológica de la Proteína de *Cicer arietinum*

Conclusión 2ª

Las ratas en crecimiento que ingieren el garbanzo como única fuente de alimento, tienen significativamente disminuida la ingesta en relación a una dieta ajustada de caseína-metionina.

Todos los procesos ensayados en el garbanzo mejoran su palatabilidad, aumentando así su ingesta, siendo esta mejora más acusada en el caso del remojo a pH básico y con las

cocciones.

Conclusión 3ª

La calidad proteica del *Cicer arietinum* ensayado por nosotros, cultivado en la zona agrícola de Granada, es inferior a la de una proteína patrón como la caseína así como a la del garbanzo cultivado en otras zonas. Esto es debido a que, a pesar de que la utilización digestiva del garbanzo es buena, la excreción urinaria de nitrógeno es muy elevada, dando lugar a una baja retención del mismo.

La mejora en la utilización nutritiva de la proteína de garbanzo que tiene lugar con los procesos de remojo a pH básico y remojo a diferente pH seguido de cocción, no se correlaciona con el incremento de peso de los animales que lo consumen, ya que éste se produce en base a las modificaciones que tienen lugar en los hidratos de carbono por los tratamientos.

Sobre la Valoración Biológica del Calcio de *Cicer arietinum*

Conclusión 4ª

La ingesta de *Cicer arietinum*, crudo o procesado, no cubre los requerimientos de calcio de las ratas en crecimiento. Aunque la utilización digestiva es elevada, la cantidad absorbida es baja y la excreción urinaria alta, lo que da lugar a una retención de calcio inferior a los valores normales para estos animales, movilizando al catión del fémur y, más

acusadamente, del músculo.

Sobre la Valoración Biológica del Fósforo de *Cicer arietinum*

Conclusión 5ª

El ácido fítico es la principal fuente de aporte de fósforo de *Cicer arietinum* (57%). Los otros compuestos fosforados no cubren los requerimientos en este mineral para ratas en crecimiento. Sin embargo, bajo nuestras condiciones experimentales, la cantidad de fósforo absorbido es mayor que la procedente del fósforo alimentario que no procede del fítico.

A pesar de este aporte adicional de fósforo, la cantidad del ión retenida es insuficiente para las necesidades del animal, dada la baja cantidad absorbida y la elevada excreción urinaria del mismo.

Estos niveles bajos de retención no se manifiestan a nivel de fémur y músculo, debido al bajo crecimiento de los animales y a la corta duración del período experimental.

Sobre la Valoración Biológica del Magnesio de *Cicer arietinum*

Conclusión 6ª

El contenido de magnesio de todas las dietas de garbanzo ensayadas es superior a los requerimientos de este mineral para ratas en crecimiento, a pesar de las pérdidas por solubilización que tienen lugar con el procesado.

La elevada ingesta de magnesio conduce a una menor utilización digestiva del catión, aunque la cantidad absorbida del mismo es alta. Con los procesos tiene lugar una disminución de la absorción y utilización digestiva del magnesio.

En nuestras condiciones experimentales, con el garbanzo crudo y procesado, existe una elevada excreción urinaria de magnesio, que da lugar a un balance negativo del mismo, no afectándose, sin embargo, su contenido en músculo y fémur.

Sobre el *Cicer arietinum* procesado

Conclusión 7ª

De todos los procesos ensayados, bajo nuestras condiciones experimentales, el más óptimo para el aprovechamiento nutritivo de la proteína, calcio y fósforo del *Cicer arietinum*, es el de remojo a pH básico.

El proceso de remojo a pH básico, como consecuencia de la mejora de la palatabilidad, presenta una mayor ingesta de proteína, que conduce a una mayor absorción y retención de nitrógeno que, junto con la mayor disponibilidad de los hidratos de carbono, proporciona una mejora en el incremento de peso de los animales que lo consumen.

Además, el garbanzo (con una cantidad de calcio que no cubre los requerimientos para las ratas en crecimiento, mientras que el magnesio está en exceso y el fósforo es ligeramente inferior a dichos requerimientos) remojado a pH básico, conduce a una mayor ingesta y absorción de calcio y fósforo, existiendo, además, una menor excreción urinaria de los mismos, que da lugar a una retención superior, la cual no se refleja a nivel de fémur y músculo, posiblemente debido a que la diferencia de las cantidades de calcio y fósforo retenidas con este proceso no es elevada, y a que el tiempo experimental es relativamente corto. Dicho efecto beneficioso no se manifiesta con el magnesio.

BIBLIOGRAFIA

ABDEL-HAMID, J.A.-R. (1983)

"Effect of cooking on the tryptophan, basic amino acids, protein solubility and retention of some vitamins in two varieties of chickpeas"

Food Chemistry 11, 139.

AIN (AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION). 1977

Report of the AIN Ad HOC Committee on stardars for nutritional studies.

Journal of Nutrition, 107, 1340-1348.

ALLEN, L.H. y HALL, T.E. (1978)

"Calcium metabolism, intestinal calcium-binding protein and bone growth of rats fed high protein diets"

J. Nutr. 108, 967-972.

ALZUETA, C.; TREVINO, J. y ORTIZ, C. (1992)

"Effects of tannins from faba beans on protein utilisation in rats"

Journal of Science and Food Agriculture 59, 551-553.

AMAN, P. (1979)

"Carbohydrates in raw and germinated seeds from mung beans and chickpea"

J. Sci. Food Agric. 30, 869.

ANDERSON, G.H.; GLANVILLE, N.T. y LI, E.T.S. (1982)

"Amino acids and the regulation of quantitative and qualitative aspects of food intake"

En: Amino acid: metabolism and medical applications.Blackburn, G.L.; Y Young, V.R. Y Grant, J.P: (Eds.). J. Wright, PSG Inc.

ANGEL, A.R. y Del SOTELO, A. (1978)

"Nutritional evaluation of cereal legume mixtures using normal and genetically improved cereals and chickpea"

Int. Congr. Food Sci. Technol. Abstr., 285.

ARANDA, P. (1984)

"Aspectos nutricionales y metabólicos del calcio, fosfato y magnesio en ratas durante la gestación e influencia del acetato de hidrocortisona"

Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.

ASCHE, G.L.; LEWIS, A.J. y PEO, E.R. (1989)

"Protein digestion in weanling pigs: effect of dietary protein source"

J. Nutr. 119, 1093-1099.

ASHLEY, D.V.M. y ANDERSON, G.H. (1975a)

"Food intake regulation in the weanling rat: effects of the most limiting essential amino acids of gluten, casein, and zein on the self-selection of protein and energy"

J. Nutr. 105, 1405-1411.

ASHLEY, D.V.M. y ANDERSON, G.H. (1975b)

"Correlation between the plasma tryptophan to neutral amino acid ratio and protein intake in the self-selecting weanling rat"

J. Nutr. 105, 1412-1421.

ASP, N.G. (1988)

"Bioavailability of food carbohydrates as related to analytical methods"

En: "Nutrient Availability: Chemical and Biological Aspects", Ed. Southgate, D.; Johnson, I. Y Fenwick, G.R., 262-264.

ATTIA, R.S.; SHEHATA, A.M. E-T; AMAN, M.E. y HAMZA, M.A. (1994)
"Effect of cooking and decortication on the physical properties, the chemical composition and the nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum L.*)"
Food Chemistry 50, 125-131.

AVIOLI, L.A. (1980)
"The genesisi of the hypomagnesemic-parethyroid hormone-resistant bone disease syndrome"
En: Cantin, M. y Seelig, M.S., Eds., Magnesium in Health and disease, MTP Press, Lancaster, U.K., 331-334.

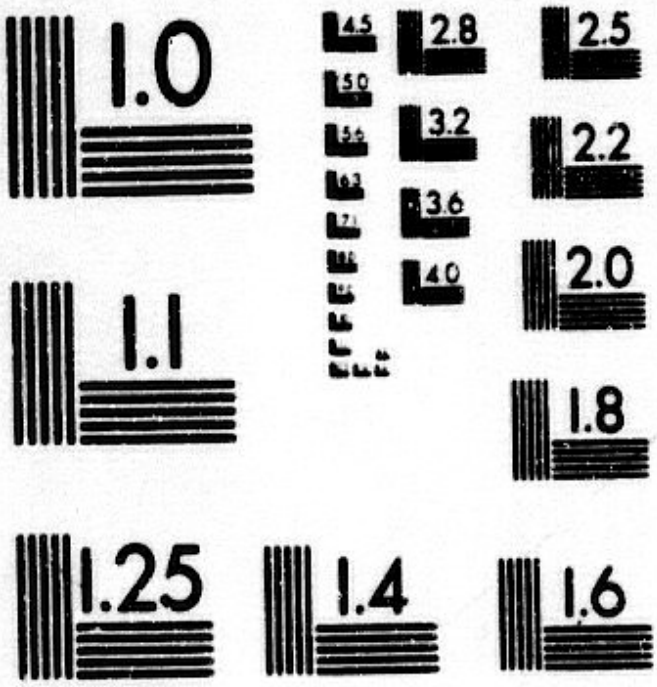
BATTERHAM, E.S.; ANDERSEN, L.M.; SAINI, H.S. y BAIGENT, D.R. (1990)
"Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpea (Cicer arietinum) and (Cajanus cajan) meals"
Proc. Aust. Soc. Animal Prod. 18, 453.

BELITZ, H.D. y GROSCH, W. (1984)
"Química de los alimentos"
Ed. Acribia, S.A.

BELITZ, H.D.; LYMEN, F. y WEDER, J.K.P. (1982)
"Comparative studies on the inhibitory action of some legume seeds, potato tubers, and bran against human and bovine proteins"
Zeitshur Lebensm Unters Forsch, 174, 442-446.

BELL, R.R.; ENGELMANN, D.T.; SIE, T.L. y DRAPER, H.H. (1975)
"Effect of a high protein intake on calcium metabolism in the rat"
J. Nutr. 105, 475-483.

BENDER, A.E. (1978)
"Food processing and nutrition"
Academic Press, London, 219-254.



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

ATTIA, R.S.; SHEHATA, A.M. E-T; AMAN, M.E. y HAMZA, M.A. (1994)
"Effect of cooking and decortication on the physical properties, the chemical composition and the nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum L.*)"
Food Chemistry 50. 125-131.

AVIOLI, L.A. (1980)
"The genesisi of the hypomagnesemic-parethyroid hormone-resistant bone disease syndrome"
En: Cantin, M. y Seelig, M.S., Eds., Magnesium in Health and disease, MTP Press, Lancaster, U.K., 331-334.

BATTERHAM, E.S.; ANDERSEN, L.M.; SAINI, H.S. y BAIGENT, D.R. (1990)
"Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpea (Cicer arietinum) and (Cajanus cajan) meals"
Proc. Aust. Soc. Animal Prod. 18, 453.

BELITZ, H.D. y GROSCH, W. (1984)
"Química de los alimentos"
Ed. Acribia, S.A.

BELITZ, H.D.; LYMEN, F. y WEDER, J.K.P. (1982)
"Comparative studies on the inhibitory action of some legume seeds, potato tubers, and bran against human and bovine proteins"
Zeitshur Lebensm Unters Forsch, 174, 442-446.

BELL, R.R.; ENGELMANN, D.T.; SIE, T.L. y DRAPER, H.H. (1975)
"Effect of a high protein intake on calcium metabolism in the rat"
J. Nutr. 105, 475-483.

BENDER, A.E. (1978)
"Food processing and nutrition"
Academic Press, London, 219-254.

BENDER, A.E. y MOHAMMADIHA, H. (1981)
"Low digestibility of legume nitrogen"
Proceedings of The Nutrition Society, 40, 66A.

BENNETT, R.E. (1977)
"The study and evaluation of protein from chickpea (Cicer arietinum L.)
Dissease Abstract International, B, 37, 331.

BIRK, Y. (1989)
"Proteinase inhibitors"
citado por Huisman, J.; Van Der Poel, A.F.B. y Liener, I. en "Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds", Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 83-94.

BIRK, Y. y SMIRNOFF, P. (1992)
"Protein protease inhibitors from legume seeds and their significance in nutrition, pest control and medicine"
Proceedings of the 1st european conference on legume seeds. 1-3 june 1991. Angers, France, 391-392.

BLOCK, R.J. y MITCHELL, H.H. (1946)
"Correlation of the amino acid compn. of protein with their nutritive value"
Nutrition Abstract Review, 16, 249-278.

BOLAND, A.R.; GARNER, G.B. y O´DELL, B.L. (1975)
"Identification and properties of "phytate" in cereal grain oilfeed products"
J. Agric. Food. Chem. 23, 1186-1189.

BRAVO, L.; MAÑAS, E.; GOÑI, I. y SAURA-CALIXTO, F. (1991)
"Formación de almidón indigestible en productos elaborados"
Alimentación. Equipos y Tecnología. 5, 101-103.

BRINGHURST, F.R. y POTTS, J.T. (1981)

"Distribución, recambio y acciones metabólicas del calcio y del fosfato"
En: "Endocrinología" de De Groot, L.J. y col., vol II, Panamericana, Buenos Aires, 739-787.

BRINK, E.J.; BEYNEN, A.C.; DEKKER, P.R.; BERESTEIJN, E.C.H. y MEER, R. (1992)

"Interaction of calcium and phosphate decreases ileal magnesium solubility and apparent magnesium absorption in rats"
J. Nutr. 122, 580-586.

BRINK, E.J.; DEKKER, P.R.; BERESTEIJN, E.C.H. y BEYNEN, A.C. (1991)

"Inhibitory effect of dietary soybean protein vs. casein on magnesium absorption in rats"
J. Nutr. 121, 1374-1381.

BROWN, R.C.; KLEIN, A.; SIMMONS, W.K. y HAVRELL, R.F. (1990)

"The influence of Jamaican herb teas and other polyphenol containing beverages on iron absorption in the rat"
Nutrition Research 10, 343-353.

BUTLER, L.G. (1989)

"Effects of condensed tannin on animal nutrition"
en "Chemistry and Significance of Condensed Tannins", Hemingway, R.W y Karchesy, J.J., eds., Plenum Press, New York y London, 391-397.

CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S. y SALUNKHE, D.K. (1989)

"Chickpea"
en Handbook of World Food Legumes, Volumen I., págs. 247-288. Ed. D.K. Salunkhe y S.S. Kadam. CRC Press. 1989.

CHAVAN, J.K.; SHERE, D.M.; JAWALE, H.K. y SALUNKHE, D.K. (1983)
"Effect of soak treatment to legume seeds on the cooking quality of resultant dhal"
Indian Journal of Nutrition and Dietetics 20, 249.

CHUTKOW, J.G. (1964)
"Sites of magnesium absorption and excretion in the intestinal tract of the rat"
Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 63, 71-79.

CLARK, I. (1969)
"Importance of dietary Ca:PO_4 ratios on skeletal calcium, magnesium and phosphate metabolism"
Am. J. Physiol. 257, 865-870.

COCKERELL, FRANCIS y HALLIDAY (1972)
Citados por TACON, A.G.J. en "Nutritional fish pathology". Aquaculture Development and Coordination Programe, REP 22. Rome, 1985.

COMBE, E.; ACHI, T. y PION, R. (1991)
"Compared metabolic and digestive utilisations of faba bean, lentil and chickpea"
Reproduction, Nutrition, Development, 31 (6), 631-646.

CONTRERAS, S. y TAGLE, M.A. (1974)
"Toxic factors in chilean legumes. III. Hemagglutinating activity"
Archivos Latinoamericanos de Nutrición 24, 191-199.

CUBERO, J.I. y MORENO, M.T. (1983)
"Leguminosas en grano"
Madrid

DAVIS ,.B. y HOSENEY, R.C. (1979)

"Grain sorghum condensed tannins. I. Isolation, estimation and selective adsorption by starch"

Cereal Chemistry 30, 1087-1089.

DEOSTHALE, P.P. Y GUPTA, J.S. (1980)

"A note on the mycoflora associated with seeds of gram during storage"

Seed Research 8, 83-84.

DIAZ, C. (1994)

"Estudio en leguminosas del efecto de distintos procesos sobre los factores antinutritivos, alfa-galactósidos e inhibidores de tripsina"

Tesina de Licenciatura, Fac. Farmacia, Univ. Complutense de Madrid.

DUHAN, A.; MALCHAUHAN, B.; TUNIA, D. y CHAND KPOOR, A. (1989)

"Phytic acid content of Chickpea (Cicer arietinum) and Black gram (Vigna Mung): Varietal differences and effect of domestic processing and cooking methods"

J. Sci. Food Agric. 49, 449-445.

EASTWOOD, M. (1990)

"Dietary fibre"

Ed. D. Kritchevsky. Plenum Press. New York.

EBEL. H. y GUNTHER, T. (1980)

"Magnesium metabolism: a review"

J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 18, 257-270.

EDWARS, D.G.; PORTER, P.D. y DEAN, J. (1985)

"The responses of rats to varions combinations of energy and proteins. 1. Diet made from purified ingredients"

Laboratory Animals, 19 (4), 328-335.

ELKIN, R.G. y ROGLER, J.C. (1990)
"Comparative effects of dietary tannins in ducks, chicks and rats"
Poultry Science 69, 1685-1693.

ESKIN, N.A.M. y WIEBE, S. (1983)
"Changes in Phytase activity and Phytate during germination of two faba beans cultivars"
J. Food Sci. 48, 270-271.

ESTEVEZ, A.M.; CASTILLO, E.; FIGUEROLA, F. y YAÑEZ, E. (1991)
"Effect of processing on some chemical and nutritional charasteristics of pre-cooked and dehydrated legumes"
Plant Foods for Human Nutrition 41 (3), 193-201.

FAIRWEATHER-TAIT, S.J.; GEE, J.M. y JOHNSON, I.T. (1983)
"The influence of cooked kidney beans (Phaseolus vulgaris) on intestinal turnover and faecal nitrogen excretion in rats"
British Journal of Nutrition, 49, 303-312.

FAVUS, M.J.; TEMBE, V.; AMBRISIC, K.A. y NELLANS, H.N. (1989)
"Efects of 1,25-$(OH)_2D_3$ on enterocyte basolateral membrane Ca transport in rats"
American Journal of Physiology 256 (3), G613-G617.

FENWICH, D.E. y OAKFALL, D. (1983)
"Saponin content of food grains and some prepared foods"
J. Sci. Food Agri. 34, 386-391.

FERNANDEZ, M.; ARANDA, P.; LOPEZ-JURADO, M. y URBANO, G. (1992)
"Utilización nutritiva del nitrógeno en Vicia Faba"
Ars. Pharmaceutica XXXIII, 935-938.

FERNANDEZ, M.M.; ARANDA, P.; LOPEZ-JURADO, M.; URBANO, G.; ESTRELLA, E.; DIAZ, C.; FRIAS, J.; PRODANOV, M. y VIDAL-VALVERDE, C. (1993)

"Effect of processing in some antinutritive factors of faba beans: influence on protein digestibility and food intake in rats"

Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Wageningen, The Netherlands, 467-471.

FERNANDEZ, M.M. (1995)

"Influencia de distintos tratamientos tecnológicos sobre los factores antinutritivos de *Vicia faba L., Major* y su posible repercusión en la utilización nutritiva de proteína, calcio y fósforo"

Tesis Doctotal, Fac. Farmacia, Univ. Granada.

FERNSTROM J.D. y WURTMAN, R.J. (1971)

"Brain serotonin content: increase following the ingestion of carbohidrate diet"

Science 174, 1023-1025.

FISKE, C.H. y SUBBAROW, Y. (1925)

"The colorimetric determination of phosphorus"

Journal of Biological Chemistry 66, 375-400.

FORBES, R.M. (1963)

"Mineral utilization in the rat. I. Effect of varying dietary ratios of calcium, magnesium and phosphorus"

J. Nutr. 80, 321-326.

GARCIA LOPEZ, J.S.; ERDMAN, J.W. y SHERMAN, A.R. (1990)

"Iron retention by rats from casein-legume test meals: effect of tannin level and previous diet"

J. Nutr. 120, 760-766.

GARCIA OLMEDO, R.; DIAZ, A. y VILLANUEVA, J. (1985)

"Estudio de la fibra alimentaria en legumbres cocinadas según recetas típicas de la cocina española"

Anales de Bromatologia 37, 79.

GEERVANI, p. y THEOPHILUS, F. (1980)

"Effect of home processing on nutrient composition of certain high yielding legume varieties"

Indian J. Nutr. Diet. 17, 443.

GEERVANI, P. y THEOPHILUS, F. (1981)

"Influence of legume starches on protein utilization and availability of lysine and methionine on albino rats"

J. Food Sci. 46, 817.

GERTLER, A.; BRIK, Y. y BONDI, A. (1967)

"A comparative study of the nutritional and physiological significance of pure soybean trypsin inhibitors and of ethanol-extracted soybean meals in chick and rats"

J. Nutr. 91, 358-370.

GLICK, Z. y JOSLYN, M.S. (1970a)

"Food intake depression and other metabolic effects of tannic acid in the rat"

J. Nutr. 100, 509-515

GLICK, Z. y JOSLYN, M.A. (1970b)

"Effect of tannic acid and related compounds on the absorption and utilization of proteins in the rat"

J. Nutr. 100, 516-520

GRANT, G.; DORWARD, P.M.; BARDOCZ, P.M. y PUSZTAI, A. (1992)
"Pancreas enlargement induced in rats by long-term consumption of dietary legume proteins"
Proceedings of the 1st anglo-french symposium on human and animal nutrition, 9-12 sept 1992, Rennes, France.

GRANT, F.; MORE, L.J.; McKENZIE, N.H.; STEWART, J.C. y PUSZATI, A. (1983)
"A survey of the nutritional and hemagglutination properties of legum seeds generally available in the UK"
Br. J. Nutr. 50, 207-214.

GRANT, G. y Van DRIESSCHE, E. (1993)
"Legume lecitins: physicochemical and nutritional properties"
en "Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds". Proceedings of the first international workshop on antinutritional factors (ANFs) in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 219-233.

GREGORY, J.F. y KIRK, J.R. (1981)
"The bioavailability of vitamin B_6 in foods"
Nutrition Review 39, 1.

GUEGUEN, J.; Van OROT, M.G.; QUILLIEN, L. y HESSING, M. (1993)
"The composition, biochemical characteristics and analysis of proteinaceous antinutritional factors in legume seeds. A review"
en "Recent Advances of Research in ANFs Factors in Legume Seeds". Proceedings of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 9-30.

GUPTA, H.O.; LODHA, M.L.; MEHTA, S.L.; RASTOGI, D.K. y SINGH, J. (1979)

"Effect of amino acid and pulse supplementation on nutritional quality of normal and modified opaque-2-maize (Zea mays L.)"

Journal of Agriculture and Food Chemistry, 27, 787-790.

HAGERMAN, A.E. y BUTLER, L.G. (1981)

"The specificity of proanthocyanidins-protein interactions"

J. Biol. Chem. 256, 4494-4497.

HARDWICK, L.L.; JONES, M.R.; BRAUTBAR, N. y LEE, D.B.N. (1991)

"Magnesium absorption: mechanisms and the influence of vitamin D, calcium and phosphate"

J. Nutr. 121, 13-23.

HARDWICK, L.L.; JONES, R.K.; BUDDINGTON, R.K.; CLEMENS, R.A. y LEE, D.B.N. (1990)

"Comparison of calcium and magnesium absorption: in vivo and in vitro studies"

Am. J. Physiol. 259, 720-726.

HARPER, A.E. (1967)

"Effect of dietary protein content and amino acid pattern on food intake and preference"

En: Handbook of Physiology. Sección 6. Alimentary Canal (CODE, C.F., Ed.) Vol I, American Physiological Society, Washimgton, D.C., pg. 399-410.

HARPER, A.E.; BENEVENGA, N.J. y WOHLUETER, R.M. (1970)

"Effect of ingestion of disproportionate amounts of amino acids"

Physiol. Rev. 50, 428-558.

HARPER, A.E. y KUMPTA, U.S. (1964)

Citado por Harper, A.E. en "Mammalian Protein Metabolism", Ed. Munro, H.N. y Allison, J.B., Vol. II, Academic Press, New York, pág. 86.

HASDAI, A.; NITSAN, Z. y VOLCANI, R. (1989)

"Growth, digestibility, and enzyme activities in the pancreas and intestines of guinea-pigs fed on raw and heated soya-bean flour"

Br. J. Nutr. 62, 529-537.

HERKELMAN, K.L.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S.; PFEIFFER, T.W. y KNABE, D.A. (1992)

"Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low trypsin inhibitor soybean for pigs"

J. Anim. Sci. 70, 818-826.

HETTIAROCHCHY, N.S. y KANTHA, S.S. (1982)

"Trypsin inhibitor and phytohemagglutinin contents in the seeds of mix legumes commonly consumed in Sri Lanka"

J. Nat. Sci. Council of Sri Lanka, 9, 269-272.

HILLDEBRAND, D.F.; HETTIAROCHCHY, N.S.; HYMOWITZ, T. y ERDMAN, J.W. Jr. (1981)

"Electrophoretic separation and properties of winged bean seed trypsin inhibitor"

J. Sci. Food Agric. 32, 443.

HOFFMANN, L.; KLEIN, M. y SCHLEMAN, R. (1986)

"Studies with rats on the dependence of the energy maintenance requirement on the kind of nutrients. 2.Influence of the protein content in the feed and of the ambient temperature on the energy maintenance requirement and heat production of fully-grown rats"

Archives of Animal Nutrition 36 (11), 995-1007.

HOLM, J.; LUNDQUIST, I.; BJÖCK I.; ELIASSON, A-N y ASP, N-G (1988)
"Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats"
Am. J. Clin. Nutr. 47, 1010-1016.

HORIGOME, T.; KUMAR, R. y OKAMOTO, K.O. (1988)
"Effects of condensed tannins from leaves of fodder plants on digestive enzymes in vitro and in the intestines of rats"
Br. J. Nutr. 60, 275-285.

HUISMAN, J. (1989)
"Antinutritional factors (ANFs) in the nutrition of monogastric farm animals" citado por Van Weerden, E.J. y Huisman, J. en "Nutrition and digestive physiology in monogastric animals", Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 17-35.

INK, S.L. y HURT, H.D. (1987)
"Nutritional implications of gums"
Food technol. 1, 77-80.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE (ILSI) (1990)
"Recommended daily amounts of vitamins and minerals in Europe"
Nutr. Abs. Rev. (A), 60 (10), 827-842.

IYENGAR, A.K. y KULKARNI, P.R. (1977)
"Oligosaccharides levels of processed legumes"
Indian J. Food Sci. Technol. 14, 222.

IYER, T.V.; SALUNKHE, D.K.; SATHE, S.K. y ROCKLAND, L.B. (1980)
"Quick cooking beans: Phytates, oligosaccharides and antienzymes"
Qual. Plant. Foods Hum. Nutr. 30, 45.

JAFFE, W. G. (1950)

"El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana"

Arch. Venez. Nutr. 1, 107.

JAHOOR, F. y WOLFE, R.R. (1987)

"Regulation of protein catabolism"

Kidney International 32 (supl. 22), 81-93.

JAMBUNATHAN, R. y SINGH, U. (1978)

"Studies on *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. I. Chemical composition"

en Proc. Int. Workshop on Chickpeas, ICRISAT, Hyderabad, India, 61.

JAMBUNATHAN, R. y SINGH, U. (1981)

"Studies on *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. III. Mineral and trace element composition"

J. Agric. Food Chem., 29, 1091-1093.

JANSEN, H.D. y FRIEDRICH, W. (1985)

"Verfahrentechnische einflussgrössen bei der Behandlung von Sojabohnen"

Kraftfutter 68, 52-56.

JANSMAN, A.J.M. y LONGSTAFF, M. (1993)

"Nutritional effects of tannins and vicine/convicine in legume seeds"

en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 301-316.

JANSMAN, A.J.M.; VERSTEGEN, M.W.A. y HUISMAN, J. (1993)
"Effects of dietary inclusion of hulls of faba beans (Vicia faba L.) with a low and high content of condensed tannins on some physiological parameters in piglets"
Anim. Feed Sci. Techn. , In Press.

JANY KL-D (1993)
"Mechanism of degradation of inositol phosphates in the gut"
Proceedings of Bioabailability ´93, Nutritional, Chemical and food proccesing implications of nutrient availability, Part 2, 58.

JAYA, T.V.; KRISHAMURTHY, K.S. y VENKATARAMAN, L.V. (1975)
Effect of germination and cooking on the protein efficiency ratio of some legumes"
Nutr. Rep. Int. 12, 175-183.

JAYA, T.V. y VENKATARAMAN, L.V. (1981)
"Influence of germination on the carbohydrate digestibility (in vitro) of chickpea (Cicer arietinum L.) and greem gran (Phaseolus aureus L.)"
Indian J. Nutr. Diet. 18, 62-68.

JOHNSON, D.J. y ANDERSON, G.H. (1982)
"The prediction of plasma aminoacid concentration from diet amino acid content"
Physiological Review 243, R99-R103.

JOOD, S.; MEHTA, U.; SINGH, R. y BHAT, C.M. (1985)
"Effect of processing on flatus-producing factors in legumes"
J. Agric. Food Chem., 33, 268-271.

JOOD, S.; MEHTA, U. y SINGH, R. (1986)
"Effect of processing on available carbohydrates in legumes"
J. Agric. Food Chem. 34, 417-420.

KADAM, S.S. y SALUNKHE, D.K. (1984)
"Winged bean in human nutrition"
CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 21, 1.

KAMATH, M.V. y BELAVADY, B. (1980)
"Unavailable carbohydrates of commonly consumed indian foods"
J. Sci. Food Agric. 31, 194.

KANTHA, S.S.; SUNDRAVALLI, O.E. y DESAI, BLM (1973)
"Effect of cooking and germination on the flatus inducing caoacity of some legumes"
en "Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legumes" Arch. Latinoamer. Nutr., JAFFE, W.G. (ed.), Venezuela, 133-138.

KAUP, S.M.; BEHLING, A.R.; CHOQUETTE, L. y GREGER, J.L. (1990)
"Calcium and magnesium utilization in rats: effect of dietary butterfat and calcium and of age"
J. Nutr. 120, 266-273.

KENNEDY, M.; McCORMACK, M.; RYAN, B.A. y MATHIAS, P.M. (1984)
"The effect of cooked legumes on mucosal cell turnover in the rat"
Proceedings of The Nutrition Society, 43, 89A.

KERSTETTER, J.E. y ALLEN, L.H. (1989)
"Dietary protein increases urinary calcium"
J. Nutr. 120, 134-136.

KHAN, A. y CHAKRABARTI, C.H. (1978)

"Effect of different levels of pulse proteins (Bengal gram and lentil) on calcium and phosphorus balance and calcium and phosphorus contents of different tissues and serum"

Indian J. Nutr. Diet. 15, 371-376.

KHAN, A. y CHAKRABARTI, C.H. (1979)

"Effect of different levels of pulse protein (Bengal gram) on some tissue enzymes, serum copper, liver copper, hemoglobin, hematocrit value and excretion of copper in urine and faeces"

Indian Journal of Experimental Biology 17, 1333-1336.

KHAN, A. y CHAKRABARTI, C.H. (1980)

"Effect of different levels of Bengal gram protein on the ferroenzymes of rat liver"

Indian J. Exper. Biol. 18, 211-212.

KHAN, N.; ZAMAN, R. y ELAHI, M. (1988)

"Effect of processing on the phytic acid content of Bengal Grams (*Cicer arietinum*) products"

J. Agric. Food Chem 36, 1274-1276.

KHAN, M.A.; JACOBSEN, I. y EGGUM, B.O. (1979)

"Nutritive value of some improved varieties of legumes"

J. Sci. Food Agri., 30, 395-400.

KIES, C. (1981)

"Bioavailability: a factor in protein quality"

J. Agric. Food Chem. 29, 435-440.

KIRK, J.R. (1984)

"Biological availability of nutrients in processed foos"

J. Chem. Education 61 (4), 364.

KNUDSEN, I.M. (1986)

"High perfomance liquid chromatographic determination of oligosaccharides in leguminous seeds"

J. Sci. Food Agric. 37, 560.

KOWSALYA MURTY, S. y KANTHARAJ URS, M. (1979)

"Effect of toasting bengal gram (Cicer arietinum L.) on lysine availability and in vitro digestibility of proteins"

J. Food Sci. & Technol. 17, 200-201.

KUMAR, K.G.; VENKATARAMAN, L.V.; JAYA, T.V. y KRISHNAMURTHY, K.S. (1978)

"Cooking characteristics of some germinated legumes:changes in phytins, Ca^{2+}, and pectins"

J. Food Sci. 43, 85.

LATTA, M. y ESKIN, M. (1980)

"A sigle and rapid colorimetric method for phytate determination"

J. Agric. Food Chem. 28, 1313-1315.

LEE, D.B.N.; LEVINE, B.S.; WALLING, M.W.; BRAUTBAR, N.; LESSMAN, R.K.; SILIS, V. y COBURN, J.W. (1979)

"Regulation of serum phosphorus by 1,25-$(OH)_2D_3$ vitamin D"

en "Basic research and its clinical application", edited by Norman, A.W. y col., pg. 939. Walter de Gruyter. Berlin.

Le GUEN, M.P. y BIRK, Y. (1993)

"Protein protease inhibitors from legume seeds: nutritional effects, mode of action and structure-function relationship"

en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 157-171.

LE MAGNEN (1983)

"Body energy balance and food intake: a neuroendocrine regulatory mechanism"

Physiol. Rev. 63 (1), 314-386.

LEHRFELD, J. (1989)

"High-Perfomance Liquid Cromatography Analysis of Phytic Acid on a pH-stable, Macroporus polymer column"

Cereal Chem. 66 (6), 510-515.

LEHRFELD, J. y MORRIS, E.R. (1992)

"Overestimation of Phytic acid in Foods by the AOAC Arion-Exchange Method"

J. Agric. Food Chem. 40, 2208-2210.

LERMA, A.; PLANELLS, E.; ARANDA, P. y LLOPIS, J. (1993)

"Evolution of Mg deficiency in rats"

Annual of Nutrition Metabolism 37, 210-217.

LEUNG, P.M.B. y ROGERS, Q.R. (1969)

"Food intake: regulation by plasma amino acid pattern"

Life Science 8, 1-9.

LI, T.S. y ANDERSON, G.H. (1983)

"Amino acids in the regulation of food intake"

Reviews in Clinical Nutrition, Vol. 53, No. 3, 169-181.

LIENER, I.E. (1976)

"Legume toxins in relation to protein digestibility: a review"

J. Food Sci. 41, 1076-1081.

LIENER, I.E. (1989)

"Antinutritional factors in legume seeds: state of art"

en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the 1st international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 6-13.

LIN, K.C.; LUH, B.S. y SCHWEIGERT, B.S. (1975)

"Folic acid content of canned garbanzo beans"

J. Food Sci. 40, 562.

LOLAS, G.M. y MARKAKIS, P. (1975)

"Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris*)"

J. Agric. Food Chem. 23, 13-15.

LOLAS, G.M. y MARKAKIS, P. (1977)

"The phytase of navy beans (*Phaseolus vulgaris*)"

J. Food Sci. 42, 1094.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; DE SANTIS, N.; DILULLO, G. y CARNOVALE, E. (1993)

"Processing and in vitro mineral dialisability of legumes"

Bioavailability 93, 151-154.

LONGSTAFF, M. y McNAB, J.M. (1991)

"The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans (Vicia faba L.) on the digestion of amino acids, starch and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks"

Br. J. Nutr. 65, 199-216.

MACIEJEWICZ-RYS, J.; KOSMALA, I. y ZIMA, J. (1985)

"Complementary effect of legume seed protein on biological value of grain protein"

Roczniki Naukowe Zootechniki, Monografie i Rozprawy, 23, 217-227, en Nutr. Abstr. Rev. (B), 59, No. 1, 43.

MASSEY, L.K. (1993)

"Dietary factors influencing calcium and bone metabolism: introduction"

J. Nutr. 123, 1609-1610.

MATAIX, F.J. y SALIDO, G.M. (1984)

"Importancia de las legumbres en la nutrición humana"

Publicaciones: serie informes nº 1. Fundación Española de Nutrición. Madrid.

McINTYRE, I.; HANNA, S.; BOOTH, C.C. y READ, A.E. (1961)

"Intracellular magnesium deficiency in man"

Clinical Science 20, 297-305.

MEHANSHO, H.; ASQUITH, T.N.; BUTLER, L.G. ROGLER, J.C. y CARLSON, D.M. (1992)

"Tannin mediated induction of proline-rich protein synthesis"

J. Agric. Food Chem. 40, 93-97.

MEINERS, C.R.; DERISE, N.L.; LAU, H.C.; CREWS, M.G.; RITCHEY, C.J. y MURPHY, E.W. (1976)

"The content of nine mineral elemnts in raw and cooked mature dry legumes"

J. Agric. Food Chem. 24, 1126.

MELCION, J.P. y Van Der POEL, A.F.B. (1993)

"Process technology and antinutritional factors: principles, adequacy y process optimization"

en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 419-434.

MERCER, L.P.; DODDS, S.J.; SCHWEISTHAL, M.R.y DUNN, J.D. (1989)

"Brain histidine and food intake in rats fed diets deficient in single amino acids"

J. Nutr. 119, 66-74.

MOLE, S. (1989)

"Polyphenolics and the nutritional ecology of herbivores"

en "Toxicants of Plant Origin", vol. IV, Phenolics (P.R. Cheeke, editor). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 191-223.

MORATALLA, A. (1994)

"Influencia de la fuente de hierro de la dieta sobre la biodisponibilidad de hierro, calcio, fósforo y magnesio en ratas normales y con anemia ferropénica nutricional"

Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Univ. Granada.

MUNRO, H.N.; SUTER, P.M. y RUSSELL, R.M. (1987)

"Nutritional requeriments of the elderly"

Annual Review of Nutrition, 7, 23-49

MUÑOZ, J.M. (1986)

"Overview of the effects of dietary fiber on the utilization of minerals and trace elements"

En CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. Spiller, G.A., CRC eds. Press. Inc. Boca Raton, Florida. 193-197.

MURILLO, A.; SANCHEZ-CAMPOS, M. y VARELA, G. (1972)

"Factores que afectan la digestibilidad, absorción y retención del calcio. Efecto del oxalato, ácido etilendiaminotetracético (sal disódica), ácido nitrilotriacético, lisina y calidad protéica"

Revista Española de Fisiologia 28, 115-124.

MURILLO, A. y VARELA, G. (1969)

"Influencia de acción quelante del citrato sódico sobre el metabolismo del calcio"

Rev. Esp. Fisiol. 25, 35-40.

NAHAPETIAN, A. y TOUNG, V.R. (1980)

"Metabolism of ^{14}C-Phytate in rats: effect of low and high dietary calcium intakes"

J. Nutr. 110, 1458-1472.

NAIM, M.; GERTLER, A. y BIRK, y. (1982)

"The effect of dietary raw and autoclaved soya-bean protein fractions on growth, pancreatic enlargment and pancreatic enzymes in rats"

J. Nutr. 47, 281-288.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1972)

"Nutrient requirements of laboratory animals" nº 10, 2nd revised ed.

National Academy of Sciences, Washington, D.C.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978)

"Nutrient requirement of laboratory animals", 3rd revised ed.
National Academy of Sciences, Washington, D.C.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1990)

"Nutrient requirement of laboratory animals", 4rd revised ed.
National Academy of Sciences, Washington, D.C.

NESTARES, T.; BARRIONUEVO, M., LOPEZ-FRIAS, M.; URBANO, G.; PRODANOV, M.; FRIAS, J.; ESTRELLA, E. y VIDAL-VALVERDE, C. (1993)

"Effect of processing on some antinutritive factors of chickpea: influence on protein digestibility and food intake in rats"
en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 487491.

NESTARES, T.; LOPEZ-JURADO, M.; SANZ, A. y LOPEZ-FRIAS, M. (1993)

"Nutritional assessment of two protein concentrates in growing rats"
J. Agric. Food Chem. 41, 1282-1286.

NIETO (1994)

"Efecto de la calidad de la proteina de la dieta sobre la eficiencia de utilización de la energia en el pollo en crecimiento"
Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

NITSAN, Z. y LIENER, I.E. (1976)

"Enzymatic activities in the pancreas, digestive tract and faeces of rats fed raw or heated soy flour"
J. Nutr. 106, 300-305.

OSBORNE, T.B. y MENDEL, L.B. (1914)

"Amino acids in nutrition and growth"

J. Biol. Chem., 17, 325-349.

OSER, B.L. (1951)

"Method for integrating essential amino acid content in the nutritive evaluation of protein"

J. Am. Diet. Assoc., 27, 396-398.

PAK, N. y BARJA, I. (1974)

Composition, content of toxic substances, protein quality and protein value of greenpeas, chickpeas and lentils grown in Chile"

Ciencia Investigación Agraria 1, 105-111.

PANSU, D.; BELLATON, C. y BRONNER, F. (1983)

"Developmental changes in the mechanism of duodenal calcium transport in the rats"

Am. J. Physiol. 244, 620-626.

PENG, Y.; MELIZA, L.L.; VAVICH, M.G. y KEMMERER, A.R. (1975)

"Effects of amino acid imbalance and protein content of diets on food intake and preference of young, adult, and diabetic rats"

J. Nutr. 105, 1395-1404.

PETERS, J.C. y HARPER, A.E. (1985)

"Adaptation of rats to diets containing different levels of protein: effects on food intake, plasma and brain amino acid concentrations and brain neurotransmitter metabolism"

J. Nutr. 115, 382-398.

PIERCE, A.B.; DOIGE, C.E.; BELL, J.M. y OWEN, B.D. (1977)
"Availability of phytate phosphorus diets based on wheat or corn"
Can. J. Anim. Sic. 57, 573-583.

PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E. y BUTLER, L.G. (1980)
"Tannin content of cowpeas and mung beans"
J. Agric. Food Chem. 28, 459-361.

PUSZTAI, A.; GRANT, G.; BROWN, D.J.; STEWART, J.C. y BARDOCZ, S. (1992)
"Nutritional evaluation of the trypsin (EC 3.4.21.4.) inhinitor from cow pea (Vigna unguiculata Walp.)"
Br. J. Nutr., 68, 783-791.

RACKIS, J.J.; WOLF, W.J. y BAKER, E.C. (1986)
en "Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods"
Ed. M. Friedman, Plenum Press, New York, 185.

RAMA RAO, P.B.; NORTON, H.W. y JOHNSON, B.C. (1964)
"The amino acid composition and nutritive value of proteins. V. Amino acid requirements as a pattern for protein evaluation"
J. Nutr. 82, 88-92.

RANHOTRA, G.S. y LOEWE, R.J. (1975)
"Effect of Weath of phytase on dietary phytic acid"
J. Food Sci. 40, 940-942.

RAO, B.S.N. y PRABHAVATHI, T. (1982)
"Tannin content of foods commonly consumed in India and its influence on ionisable iron"
J. Sci. Food Agric. 33, 89-96.

RAO, G.R. (1974)
"Effect of heat on the proteins of groundnut and bengal gram"
Indian J. Nutr. Diet. 11, 268-372.

RAO, M. (1973)
"In vitro availability of essential amino acids and the protein efficiency ratio of cooked Cicer arietinum"
Diss. Abstr. Int. B 33, 4369.

RAO, P.S. (1976)
"Nature of carbohydrates in pulses"
J. Agric. Food Chem. 24 (5), 958-961.

RAO, U.P. y BELAVADY, B. (1978)
"Oligosaccharides in pulses. Varietal differences and effects of cooking and germination"
J. Agric. Food Chem., 26, 316-319.

RAO, P.U. y DEOSTHALE, Y.G. (1982)
"Tannnin contents of pulses: varietal differences and effect of cooking and germination"
J. Sci. Food Agric. 33, 1013-1016.

RAO, V.S.; LEELA, S.; SWAMINATHAN,M. y PARPIA, H.A.B. (1964)
"The nutritive value of the proteins of leguminous seeds"
J. Nutr. Diet. 1, 304.

RAO, C.N. y RAO, B.S.N. (1978)
"Influence of starches from different sources on protein utilization in rats"
Br. J. Nutr. 40 (I), 1-9.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. y WEBB, K.E. (1984)
"Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine"
Journal of Animal Science, 59 (2), 400-408.

RAYAS-DUARTE, P.; BERGERON, D. y NIELSEN, S. (1992)
"Screening of heat stable trypsin inhibitors in dry beans and their partial purification from Great Northerm beans (Ph. vulgaris) using anhydrotrypsin-sepharose affinity cromatography"
J. Agric. Food Chem. 58, 369-374.

REEDY, N.R.; BALAKRISHNAN, C.V. y SALUNKHE, D.K. (1978)
"Phytate phosphorus and mineral changes during germination and cooking of Black gram (*Phaseolus mungo*) seeds"

REDDY, N.R.; PIERSON, M.D.; SATHE, S.K. y SALUNKHE, D.K. (1984)
"Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates: a review"
Food Chem. 13, 25.

REDDY, N.R.; SATHE, S.K. y SALUNKHE, D.K. (1982)
"Phytates in legumes and cereals"
Adv. Food Res. 28, 1-92.

ROCKLAND, L.B. y RADKE, M. (1981)
"Legume Protein Quality"
Food Technology, 79-82.

ROSSI, M.; GERMONDARI, I. y CASIN, P. (1984)
"Comparison of chickpea cultivars: chemical composition, nutritional evaluation and oligosaccharide contents"
J. Agric. Food Chem. 32, 311-814.

SAINI, H.S. (1989)

"Activity and thermal inactivation of protease inhibitors in grain legumes" en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 249-253.

SAINI, H.S. y KNIGHTS, E.J. (1984)

"Chemical composition of starch and oligosaccharides components of *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum) seed types"
J. Agric. Food Chem., 32, 940-944.

SAITO, Y. y SATO, S. (1988)

"Effect of dietary fibre of cooked vegetables on the availability of mineral in rats"
The Proceedings of Bioavailability 88: Chemical and Biological Aspects of Nutrient Availability. Southgate, D.; Johnson, I. Y Fenwick, G.R. (Eds.). 21-24 Agosto, Norwich, England. Págs. 262-264.

SALUNKHE, D.K.; KADAM, S.S. y CHAVAN, J.K. (1985)

"Postharvest Biotechnology of Food Legumes". CRC Press. Boca Ratón. Florida.

SANDBERG, A.S. y AHDERINNE, R. (1986)

"HPLC methods for determination of Inositol tri, tetra, penta and hexaphosphates in foods and intestinal contents"
J. Food Sci. 51, 547-550.

SANOJA, S. y BENDER, E. (1983)

"The effect of cooked legumes on mucosal cell turnover in the rat"
J. Nutr. 43, 89 A.

SANDSTEAD, H.H. (1985)

Citado por HAMBIDGE, K.M.; CASEY, C.E. y KREBS, N.F. (1986) en: "Trace elements in human and animal nutrition", pg. 1-109. Ed. Mertz, W. Academic Press. London.

SANTIDRIAN, S. (1987)

"Consideraciones sobre aspectos nutricionales de las proteínas"
OFFARM 5, 47-54.

SASTRY, M.C.S. y MURRAY, D.R. (1987)

"The contribution of trypsin inhibitors to the nutritional value of chickpea seed protein"
J. Sci. Food Agri. 40, 253-261.

SAURA-CALIXTO, F. ; GOÑI, I.; MAÑAS, E. y BRAVO, L. (1991)

"Aspectos nutricionales de la fibra alimentaria"
Alimentación. Equipos y Tecnología, 4, 139-142.

SAVAGE, G.P. y THOMPSON, D.R. (1993)

"Efecto del procesado sobre el contenido en inhibidor de la tripsina y el valor nutritivo de garbanzos (Cicer arietinum)"
en "Recent Advances of Research in ANFs in Legume Seeds". Proceed. of the first international workshop on ANFs in legume seeds. Eds. Huisman, J.; Van Der Poel, J.F.B. y Liener, I.E., Wageningen, Netherlands, 435-440.

SAVITRI, A. y DESIKACHAR, H.S.R. (1985)

"A comparative study of flatus production in relation to the oligosaccharides content of some legumes"
Nutr. Rep. Int. 31, 337-344.

SINGH, U. (1984)

"Dietary fiber and its constituents in *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars"

Nutr. Rep. Int. 29 (2), 419-426.

SINGH, U. (1984)

"The inhibition of digestive enzymes of poliphenols of chickpea (Cicer arietinum L.) and pigeonpea (Cajanus cajan (L.) Millsp)"

Nutr, Rep. Int. 29 (3), 745-753.

SINGH, U. (1985)

"Nutritional quality of chickpea (Cicer arietinum L.): current status and future research needs"

Qual Plant Plant Foods Hum Nutr, 35, 339-351.

SINGH, U. (1988)

"Antinutritional factors of chickpea and pigeonpea and their removal by processing"

Plant Foods For Human Nutrition, 38 (3), 251-261.

SINGH, U. y JAMBUNATHAN, R. (1981a)

"Relationship between non-protein nitrogen and total nitrogen in chickpea (Cicer arietinum L.) seed"

J. Agric. Food Chem. 29, 423-425.

SINGH, U. y JAMBUNATHAN, R. (1981b)

"Studies on *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars, Levels of protease inhibitors, levels of polyphenolic compounds and *in vitro* protein digestibility"

J. Food Sci., 46, 1363-1367.

SINGH, U. y JAMBUNATHAN, R. (1982)

"Distribution of seed protein fractions and amino acids in different anatomical parts of chickpea (Cicer arietinum L.) and pigeon pea (Canajus cajan L.)"
Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition 31, 347-354.

SINGH, U.; JAMBUNATHAN, R.; SUBRAMANYAM, N. y KHERDEKAR, M.S. (1980)

"Studies on the antinutritional factors of *desi* and *kabuli* chickpea cultivars"
presentado en el 13th Annu. Meeting of the Nutrition Soc. of India, National Institute of Nutrition, Hyderabad.

SINGH, U.; KHERDEKAR, M.S. y JAMBUNATHAN, R. (1982)

"Studies on desi and kabuli chickpea cultivars: Levels of amilase inhibitors, levels of oligosaccharides and in vitro starch digestibility"
J. Food Sci. 47, 510-512.

SINGH, U.; KUMAR, J. y GOWDA, C.L.L. (1983)

"The protein content of chickpea (Cicer arietinum L.) grown at different locatios"
Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr. 32, 179.

SINGH, U. RAJU, S.M. y JAMBUNATHAN, R. (1981)

"Studies on *desi* and *kabuli* chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. II. Seed protein fractions and amino acid composition"
J. Food Sci. & Technol., 18, 86-88.

SPILLER, G.A. (1986)

En: "CRC Handbook of dietary fibre in human nutrition". CRC (Eds.). Press, Inc. Boca raton, Florida.

STUCKI, V.P. y HARPER, A.E. (1962)

"Effects of altering the ratio of indispensable to dispensable amino acids in diets for rats"

J. Nutr. 78, 278-286.

SUMATHI, S.; PARABHIRAMAN, T.N. (1976)

"Natural plant enzyme inhibitors. Part II. Protease inhibitors of seeds"

Ind. J. Biochem. Biophys. 13, 52-56.

TABEKHIA y LUH, B.S. (1979)

"Effect of milling on macro and micro-minerals and phytate of rice"

Dtsch. Lebensm. Rundsch. 75, 57.

TABEKHIA y LUH, B.S. (1980)

"Effect of germination, cooking and canning on phosphorus and phytate retention in dry beans"

J. Food Sci. 45, 406-408.

TEWS, J.K.; GOOD, S.S. y HARPER, A.E. (1978)

"Transport of threonine and tryptophan by rat brain slices:relation to other amino acids at concentrations found in plasma"

J. Neurochem. 31, 581-589.

THORNE, M.J.; THOMPSON, L.U.y JENKINS, D.J.A. (1983)

"Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes"

Am. J. Clin. Nutr. 38, 481-488.

TIWARI, S.R.; SHARMA, R.D. y RAM, N. (1977)

"Mineral contents of some high yielding varieties of Bengal gram (Cicer arietimun L.)"

J. Agri. Food Chem. 25, 420-421.

TOOTHILL, J. (1963)

"The effect of certain dietary factors on the apparent absorption of magnesium by the rats"

Br. J. Nutr. 17, 125-134.

TORRE, M.; RODRIGUEZ, A.R. y SAURA-CALIXTO, F. (1991)

"Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability"

CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 22, 1.

TORRE, M.; RODRIGUEZ, A.R. y SAURA-CALIXTO, F. (1992)

"Study of the interactions of calcium loss with lignin, cellulosa and pectin"

J. Agric. Food Chem. 40, 1762-1766.

TOVAR, J.; BJÖRCK, I.M. y ASP, N-G. (1990)

"Analytical and nutritional implications of limited enzymic availability of starch in cooked red kidney beans"

J. Agric. Food Chem. 38, 488-493.

TOVAR, J.; GRANFELDT, y. y BJÖRCK, I.M. (1992)

"Effect of processing on blood glucose and insulin responses to starch in legumes"

J. Agric. Food Chem., 40, 1846-1851.

VAN BERESTEIJN, E.C.H. (1993)

"Advances in nutritional Research", vol. 9. Plenum Press, New York.

VAN DER BERG, C.J.; HILL, L.F. y STANBURY, S.W. (1972)

"Inositol phosphates and phytic acid as inhibitors of biological calcification in the rat"

Clin. Sci. 43, 377-383.

VAN DER POEL, A.F.B.; GRAVENDEL, S. y BOER, H. (1991)
"Effect of different processing methods on tanin of faba bean (Vicia faba, L.)"
Animal Feed Sci. Technol. 33, 49-58.

VARELA, G.; MOREIRAS, O.; VIDAL, C.; MURILLO, A. y LUQUE, J.A. (1967)
"Influencia del tratamiento térmico sobre la calidad de la proteína del cacahuete. II. Acción protectora de la humedad y de la grasa y efecto de la glucosa y de la sacarosa"
Proceedings Nutrition Society 27 (1).

VARELA, G.; VIDAL, C. y ZAMORA, S. (1970)
"Effecto del tratamiento térmico sobre el contenido en aminoácidos y lisina utilizable en proteína de cacahuete"
Ann. Bromatol. XXII, 323-329.

VARELA, G.; MOREIRAS, O. y REQUEJO, A. (1985)
"La nutrición en España"
Publicaciones del Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

VARELA, G.; MOREIRAS, O. y REQUEJO, A. (1985)
"Estudios sobre nutrición" (2 vol.)
Publicaciones del Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

VARELA, G.; MOREIRAS, O.; CARBAJAL, A. y CAMPO, M. (1995)
"Estudio Nacional de Nutrición y Alimentación 1990/91"
Publicaciones del Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

VERDU, M.C.; SALIDO, G.; LOPEZ-FRIAS, M.; CAMPOS, M. y MATAIX, J. (1988)
"The effect of gestation and of protein quality on the nutritive utilization of protein"
Die Nahrung 32 (5), 445-454.

VIDAL, C. y FRIAS, J. (1989)

"Estudio sobre leguminosas de mayor consumo en la Comunidad de Madrid. Influencia de procesos culinarios sobre el contenido en carbohidratos solubles y en determinados componentes de la pared celular"
publicado por la Dirección de Comercio y Consumo de la Comunidad de Madrid.

VIDAL-VALVERDE, C. y FRIAS, J. (1991)

"Legume processing effects on dietary fiber components"
J. Food Sci. 56, 1350-1352.

VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J. y VALVERDE, S. (1993)

"Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking"
J. Am. Diet. Assoc. 93, 547-550.

VIDAL, C. y RECHE, A. (1989)

"Estudio sobre leguminosas de mayor consumo en la comunidad de Madrid. Influencia de procesos culinarios sobre el contenido en vitaminas del grupo B"
publicado por la Dirección de Comercio y Consumo de la Com. de Madrid.

VILLANUEVA, M.R.; MARTINEZ, J.A. y LARRALDE, J. (1987)

"Intestinal disaccharidase and dipeptidase activities on growing rats fed on raw field bean diet"
J. Sci. Food Agric. 39, 163-168.

WALKER, A.R.P.; FOX, F.W. y IRVING, J.R. (1986)

"The effects of bread rich in phytate phosphorus on the metabolism of certain mineral salt, with special reference to calcium"
Biochem. J. 42, 452.

WASSERMAN, R.H. y TAYLOR, A.N. (1973)

"Intestinal absorption of phosphate in the chick: effect of vitamin D, and other parameters"

J. Nutr. 103, 586-599.

WESTER, P.O. (1987)

"Magnesium"

Am. J. Clin. Nutr. 45, 1305-1312.

WILLIANS, M.L.; ROSE, C.S.; MORROCO III, G.; SLOAN, S.E. y BARNES, L.A. (1970)

"Calcium and fat absorption in neonatal period"

Am. J. Clin. Nutr. 23, 1322.

WISE, A. (1980)

"Nutrient interrelationships"

Nutr. Abs. Rev. (A), vol 50, nº 5, 319-332.

WOLFSON, M.; LAIDLAN, S.A.; FLUGEL-LINK, R.M.; STRONG, C.J.; SALUSKY, I.B. y ROPPLE, J.D. (1986)

"Effect of vitamin B-6 deficiency on plasma amino acid levels in chronically azotenic rats"

J. Nutr., 116 (10): 1865-1872

WURTMAN, R.J. (1982)

"Nutrients that modify brain function"

Sci. Amer. 246, 50-59.

WÜRSCH, O.; DEL VEDOVO, S. y KOELLREUTTER, B. (1986)

"Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume"

Am. J. Clin. Nutr. 43, 25-29.

YAGASAKI, K.; AOKI, T. y FUNABIKI, R. (1986)
"Serum and liver responses to methionine and cystine in rats fed diets with different casein levels"
Nut. Reports International 34 (1), 59-66.

YANG, W.; MATSUDA, Y.; SANO, S. y NAKAGAWA, H. (1991)
"Purification and characterization of phytase from rat intestinal mucosa"
Biochimica ey Biophysica Acta 1075, 75-82.

YAVELOW, J.; FINLAY, T.H.; KENNEDY, A.R. y TROLL, W. (1983)
"Bowman-Birk soybean protease inhibitor as an anticarcinogen"
Cancer Research 43, 2454-2459.