

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



**“EFECTOS DE UNA DIETA CON PROTEÍNAS
PLASMÁTICAS PORCINAS COAGULADAS
EN LA FISIOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN
DE RATONES CD1”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

LETICIA ALDANA CRUZ

MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado

Presidente	Angela Sotelo López
Vocal	Leticia Gil Vieyra
Secretario	Pablo Pérez Gavilán Escalante
1er. Suplente	Rosa María Argote Espinosa
2do. Suplente	Iliana Elvira González Hernández

Sitio en donde se desarrollo el tema

Instituto de Investigaciones Biomédicas
Departamento de Biología Molecular y Biotecnología
U.N.A.M.

M. en C. Pablo Pérez Gavilán Escalante

Asesor

Q.A. Luis Macedo Segura

Supervisor técnico

Leticia Aldana Cruz

Sustentante

RECONOCIMIENTO

Al M. en C. José Pablo Pérez-Gavilán Escalante

Por darme la oportunidad de realizar mi tesis, por su valiosa asesoría.

Al Q.A. Luis Macedo Segura

Por su amistad, supervisión y participación en el desarrollo de esta tesis.

Al jurado

Porque sus valiosos y atinados comentarios contribuyeron a mejorar este trabajo.

Al M.V.Z. Gerardo Arrellín Rosas

Por su entusiasta colaboración y asesoría en el desarrollo del estudio.

Al personal del bioterio

En especial a Manuel Acevedo Rivera “Manolo”, Salvador “Capello” García, Adolfo Herrera Juárez, la señora Josefina Montoya Garay y Armando Orozco.

RECIBAN TODOS USTEDES MI GRATITUD

AGRADECIMIENTOS

A Jehová

Mi pastor por confortar mi alma, porque tu vara y tu cayado me ha infundido aliento. Por darme vida, fe, amor, salud.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Porque a lo largo de diez años me ha dado más de lo que yo esperaba: conocimientos, amigos, hermanos, lecciones de vida que me ayudaron a forjar mi carácter y espíritu.

A la Facultad de Química

Mi segunda casa por darme las herramientas con las que me abriré camino en la vida.

A todos mis profesores

Por transmitir su conocimiento en pos de formar profesionistas capaces y exitosos.

A mí tía Mary y mis primos Lupita y Rubén

Por ser mis amigos y por estar en los malos pero sobre todo en las épocas felices.

A Claudia Fernández, Betty Vallejo, Marycarmen Rivera, Beatriz Gil

Amigas-hermanas presentes con su apoyo constante desde hace mucho tiempo.

A los amigos-hermanos que la química me dio

Lorena Sugeil, Luis Humberto, Mireya, Alejandra, Liliana, Armando, Ana Silvia, Alex Urzua, Ángel, Carlos, por su empatía, sus consejos, por las interminables horas de alegre convivencia, gracias por escucharme, entenderme y ayudarme a crecer.

A mis queridos amigos del laboratorio del Instituto de Investigaciones Biomédicas

Bety Rocha, Rocío Rugerio, Paty Tafolla, Fabiola Mújica y Alfredo Sánchez por su amistad, hermandad, complicidad, por hacer del lugar de trabajo una feliz estancia.

A todos y cada uno de los compañeros que he llegado a estimar como resultado de compartir clases, logros, conversaciones, diversión, tiempo y espacio.

DEDICATORIA

*A mi madre y amiga María del Rosario,
por tu amor, por tu cálido abrazo, por alentarme,
por tus enseñanzas, por caminar a mi lado con valentía
y sonriendo ante la adversidad, compartiendo mis sueños.*

*A mi padre Tomás
por inculcarme que la responsabilidad,
la constancia y el esmero en el trabajo tienen su recompensa.*

*A mi hermano y amigo Tomás,
por tu espíritu valeroso, por tu alma y
corazón transparentes y llenos de fe,
por tu mente brillante, y por enseñarme a nunca claudicar.*

*Mi amor, respeto y admiración.
GRACIAS POR CREER EN MÍ Y AMARME*

“El ave canta aunque la rama cruja como que sabe lo que son sus alas”

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	RESUMEN.....	3
3	ANTECEDENTES.....	4
	3.1 Sangre.....	4
	3.2 Recuperación de sangre en México.....	5
	3.3 Proteínas plasmáticas.....	6
	3.3.1 Albúminas.....	7
	3.3.2 Globulinas.....	8
	3.3.3 Fibrinógeno.....	11
	3.4 Plasma porcino.....	11
	3.5 Composición del plasma desecado.....	13
	3.6 Propiedades nutrimentales del plasma.....	14
	3.7 Propiedades funcionales del plasma.....	15
	3.8 Usos del plasma.....	17
	3.8.1 Incorporación de plasma de cerdo secado en spray (SDPP) en dietas para lechones.....	18
	3.9 Recuperación de las proteínas plasmáticas coaguladas.....	21
	3.10 Características de las proteínas plasmáticas coaguladas.....	22
	3.11 Aplicaciones de las proteínas plasmáticas coaguladas.....	23
4	OBJETIVOS.....	24
5	MATERIAL Y MÉTODOS.....	25
	5.1 Diseño experimental.....	25
	5.2 Formulación de dietas.....	25
	5.3 Elaboración de dietas.....	25

ÍNDICE

5.4	Distribución de los ratones en las jaulas.....	26
5.5	Cálculo de consumo de alimento promedio semanal por jaula.....	27
5.6	Cálculo de conversión alimenticia promedio por jaula.....	29
5.7	Parámetros fisiológicos.....	29
5.8	Parámetros reproductivos.....	30
5.9	Tratamiento estadístico de resultados.....	30
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
6.1	PARÁMETROS REPRODUCTIVOS.....	31
6.1.1	Hembras paridas.....	31
6.1.2	Crías nacidas y mortalidad.....	32
6.1.3	Crías al destete.....	33
6.2	PARÁMETROS FISIOLÓGICOS.....	36
6.2.1	Peso al destete.....	36
6.2.2	Peso a las 9 semanas.....	36
6.2.3	Efecto de la dieta sobre la ganancia de peso promedio, consumo de alimento promedio y conversión alimenticia promedio en ratones macho.....	37
6.2.4	Efecto de la dieta sobre la ganancia de peso promedio, consumo de alimento promedio y conversión alimenticia promedio en ratones hembra.....	40
7	CONCLUSIONES.....	46
8	BIBLIOGRAFÍA.....	48
9	APÉNDICE.....	53

1 INTRODUCCIÓN

La sangre contiene 20% de sólidos de los cuales el 96% son hemoglobina, albúminas, globulinas y fibrinógeno, el restante 4% contiene otros compuestos menores. La sangre en los rastros obtenida del proceso de matanza es generalmente tirada a los desagües perdiéndose grandes cantidades de proteína, por ejemplo para el año de 2005 la cantidad promedio de sangre calculada que sería posible recolectar en operaciones normales de sacrificio para cinco diferentes especies que se comercializan: bovino, ovino, porcino, caprino, y ave sería de alrededor de 274,700 toneladas la cual contiene aproximadamente 52,700 toneladas de proteína que se desaprovecha.

Como una alternativa al desecho de la sangre de los rastros se diseñó un proceso en el Instituto de Investigaciones Biomédicas para recuperar las proteínas de la sangre de cerdo en dos partes: 1) las proteínas del paquete globular (hemoglobina) con 32% de sólidos y 2) las proteínas del plasma coaguladas (PP) con 9% de sólidos de los cuales 60% corresponden a albúminas, 35% a globulinas y 5% de fibrinógeno.

El único lugar donde se recuperan las PP en México es en el rastro Tipo TIF No. 137 de FyRASA ubicado en Pénjamo, Guanajuato. Las PP también se denominan plasma de cerdo coagulado. Nutritivamente las proteínas del plasma coaguladas poseen un alto valor biológico con un valor de relación de eficiencia proteínica (REP) de 2.8, siendo más alto que el de la caseína de 2.5. Tienen un balance de aminoácidos adecuado para la nutrición humana y tienen un alto contenido de lisina disponible (8% en base seca). Tienen una digestibilidad in vitro de 90%. La calidad microbiológica de las PP es excelente (menos de 2000 UFC/g de mesófilos aerobios, coliformes ausentes, Salmonella ausente y máximo 2 UFC/g de hongos y levaduras) y su vida de anaquel es de al menos de 3 meses en refrigeración a 4°C mientras que la de la carne molida a 3°C es de 12 días. Además ya se han realizado estudios para incorporar las PP en queso tipo Manchego fabricado bajo el procedimiento que se usa en México a niveles de 10 g/L de leche aumentando el rendimiento y sin efecto significativo en la aceptabilidad y atributos sensoriales del mismo; en hamburguesas como extensor de carne en niveles del 10% mejorando su aceptabilidad sin desmeritar la calidad nutricional; en chorizo; en jamones; en salchichas; en picadillo

enlatado (en fase experimental). Internacionalmente el plasma es concentrado y secado por aspersión (spray dried porcine plasma, SDPP).

Hasta muy recientemente la leche descremada y los subproductos lácteos, como la caseína, constituían la base fundamental de aporte proteínico en piensos para lechones pero debido a la implantación de los destetes precoces se han buscado nuevas fuentes de proteína y el SDPP se ha empleado en la formulación de dietas para cerdos destetados tempranamente demostrando incrementar la ingesta de alimento y el índice de crecimiento cuando se adiciona sustituyendo proteína de soya, suministrando 10% de SDPP de 0 a 14 días postdestete el crecimiento es mayor comparado con otras fuentes de proteínas, leche descremada en polvo, o proteína de suero de leche. También al probarse tres fuentes de plasma secado por spray: bovino, porcino y plasma colectado de cerdas, y suministrar 5% de plasma a lechones se ha encontrado que la fuente de plasma influye en el crecimiento inicial del cerdo además el plasma de cerdo de origen porcino promueve más la ganancia de peso en los primeros 14 días postdestete que el plasma bovino. Así mismo una dieta para lechones con 6% de SDPP incrementa la ganancia promedio de peso y el alimento ingerido en las dos primeras semanas postdestete.

El objetivo de este estudio es observar el efecto de una dieta con proteínas plasmáticas porcinas coaguladas en la conversión alimenticia y en la progenie de ratones para lo cual se realizó el seguimiento de cuatro generaciones de ratones cepa CD1.

2 RESUMEN

Con el objetivo de observar el efecto de una dieta con plasma de cerdo coagulado sobre parámetros fisiológicos y reproductivos en ratones CD1 se realizó el seguimiento de cuatro generaciones de ratones cepa CD1 destetados a las tres semanas de edad y alimentados con tres dietas: 1) testigo, 2) testigo + 8% de albúmina de huevo, y 3) testigo + 8% de plasma de cerdo coagulado, las cuales se denominaron: Testigo, Albúmina y Plasma, respectivamente. Los parámetros a evaluar durante dos semanas postdestete en cada generación fueron: ganancia de peso promedio, consumo de alimento promedio y la conversión alimenticia promedio. También se cuantificó el número de crías nacidas y al destete en cada generación, así como el % de mortalidad en cada generación en un período de nueve semanas. De los resultados se encontró que la dieta no tiene efecto significativo sobre el número de hembras paridas ($P=0.2740$), el número de crías nacidas en la dieta Plasma fue mayor en comparación con las otras dietas aunque no representa una diferencia significativa ($P=0.5498$). El porcentaje de mortalidad en ratones alimentados con la dieta con plasma porcino fue de 1.76% en comparación al 2.44% de la dieta Testigo y 8.48% de los ratones que recibieron la dieta Albúmina. Existe un efecto significativo sobre el promedio de crías al destete, ya que con la dieta con plasma se destetaron en promedio en las cuatro generaciones 22 crías, con la dieta Testigo 20 crías y con la dieta Albúmina 18 crías. En todas las dietas se observó un incremento en el número de crías al destete a través de las generaciones. No hay efecto significativo sobre el peso promedio al destete de machos ($P=0.2278$) ni de hembras ($P=0.1518$). Hay un efecto significativo sobre el peso promedio de machos a las 9 semanas no así en las hembras ($P=0.7208$). En general fue mayor la ganancia de peso en la primera semana que en la segunda semana postdestete. No se observó un efecto significativo de la dieta sobre la conversión alimenticia en ninguna de las cuatro generaciones de ratones macho ni de hembras ($P \geq 0.05$). Con estos resultados se puede concluir que es posible incorporar 8% de proteínas plasmáticas coaguladas porcinas en una dieta para ratones sin afectar la conversión alimenticia, y obteniendo un mayor número de crías nacidas así como un menor porcentaje de mortalidad entre la población.

3 ANTECEDENTES

3.1 Sangre

La sangre representa una importante proporción del cuerpo de los animales (aproximadamente 2.4 - 8 % del peso vivo). Usualmente durante el sacrificio se recolecta el 50% de la sangre, el resto es retenido en el sistema capilar.

Las funciones de la sangre en los animales se extienden a la regulación, coordinación y realización de una serie de importantes procesos vitales. La sangre se compone de plasma sanguíneo y corpúsculos hemáticos que son los glóbulos rojos (eritrocitos), glóbulos blancos (leucocitos) y plaquetas (trombocitos).

Si a la sangre se le añaden anticoagulantes y los eritrocitos se separan por centrifugación, el líquido resultante se denomina plasma sanguíneo y contiene fibrinógeno, así como distintos precursores de los factores coagulantes. El plasma difiere del suero sanguíneo, que se obtiene cuando la sangre se coagula, en que este último no contiene fibrinógeno.

En la **tabla 1** podemos observar que la sangre de los animales puede tener muchas posibilidades de empleo. La mayor parte de la sangre se utiliza en la fabricación de piensos para animales en forma de harina de sangre, como suplemento proteico.

TABLA 1. APLICACIONES DE LA SANGRE

Industria	Aplicaciones
Alimentos	Emulsificante, aditivos de color, componentes nutrimentales.
Piensos	Suplemento de lisina, sustituto de leche, componente nutrimental para ganado.
Fertilizantes	Revestimiento de semillas, componentes minerales, estabilizante del pH del suelo.
Laboratorio	Medios de cultivo, hemina agar sangre, peptonas, albúminas, globulinas,
Medicina	Pruebas de aglutinación, inmunoglobulinas, técnicas de fraccionamiento, factores de coagulación, fibrinógeno, productos de fibrina, plasminógeno, aditivos de plasma.
Industria	Adhesivos, sustituto de clara de huevo, extintores de incendios,

En la **tabla 2** se presenta la composición promedio de la sangre de varios animales rumiantes y monogástricos (se descartan aves) en el que se observa que en general contiene 20% de sólidos y el resto es agua, de estos sólidos el 95% son proteínas y el otro 5% corresponde a elementos menores como la grasa, el ácido úrico, la urea, etc.

TABLA 2
COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES FRACCIONES DE LA SANGRE

	SANGRE	PLASMA CENTRIFUGADO DE SANGRE LÍQUIDA	PLASMA SANGUÍNEO DESECADO
%Humedad	80-82	90-91	2.5-7.0
%Sólidos totales	18-20	8-9	96-97.5
% Proteínas	13-15	6-8	70-96.0
Fracción Albúmina	-	50	-
Globulinas	-	23-27	-
Fibrinógeno	-	17-23	-
%Carbohidratos	<1	<1	-
%Lípidos	<1	0.01-1.0	0-1.5
%Cenizas ^a	2	1-2	<2.0
pH	-	7.5-8.5	-
BACTERIOLOGÍA			
Cuenta total	-	Màx. 100 000 / g	Màx. 100 000 / g
Normal	-	<10 000 / g	<50 000 / g
Coliformes	-	Màx. 100 / g	-
Esporulados	-	Màx.120 / g	Màx. 1000 / g
Usual	-	-	<120 / g
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES			
Olor	-	Neutro	Neutro
Sabor	-	Suave	Neutro
Color			
(Cerdo fresca)	-	Amarillo	Amarillo claro
(Cerdo cocida)	-	Blanco	-

^a La cantidad de sales depende de la cantidad y tipo de anticoagulante empleado

Fuente: Ockermen y Hansen (1994)

3.2 Recuperación de sangre en México

Con base en la información sobre la producción ganadera del año 2005 publicada por el Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA, se realizó una estimación de la producción de sangre que se genera a nivel nacional para cinco diferentes especies que se comercializan: bovino, ovino, porcino, caprino y ave. Se

utilizaron los datos que publicaron Ockerman y Hansen (1994) para el promedio de sangre que se obtiene por cada kilogramo de peso vivo expresado en kilogramos o en litros para cada una de las distintas especies.

Para el año de 2005 (**Tabla 3**) la cantidad promedio de sangre calculada que sería posible recolectar en operaciones normales de sacrificio sería de alrededor de 274,700 toneladas la cual contiene aproximadamente 52,700 toneladas de proteína que se desaprovecha.

TABLA 3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SANGRE OBTENIDA EN BASE A LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE GANADO EN PIE EN EL AÑO 2005

Especie en pie	Producción de ganado en pie (Ton)*	Sangre por cada 1000 Kg de peso vivo (Kg)**		Sangre por cada 1000 Kg de peso vivo (L)**		Cantidad de Sangre total (Kg)		Litros de Sangre total (L)	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Bovino	2,900,464	32,6	33,7	26	26,5	94,555,126	97,745,637	75,412,064	76,862,296
Porcino	1,427,886	29,2	35,1	23	28	41,694,271	50,118,799	32,841,378	39,980,808
Ovino	88,999	24,8	31,5	20	25	2,207,175	2,803,469	1,779,980	2,224,975
Caprino	80,025	24,8	31,5	20	21	1,984,620	2,520,788	1,600,500	1,680,525
Ave	3,039,765	42,1	42,1	32	32	127,974,107	127,974,107	97,272,480	97,272,480
TOTAL	7,537,139					268,415,299	281,162,798	208,906,402	218,021,084

Fuentes:

*Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

Datos del año 2005.

**Ockerman y Hansen, 1994

3.3 Proteínas plasmáticas

Las proteínas plasmáticas son componentes orgánicos del plasma sanguíneo y son una mezcla de diferentes cuerpos proteicos, de estructura y funciones variables. En condiciones normales su concentración prácticamente es constante. El porcentaje total de proteínas plasmáticas oscila en los mamíferos adultos entre el 6 y el 8% del plasma sanguíneo. La proporción en que se distribuyen las diversas fracciones proteínicas en la composición de la proteína sérica varía de acuerdo con cada especie animal.

La separación de las proteínas plasmáticas se puede realizar por varios procedimientos: precipitación por sales (por ejemplo, sulfato de amonio o de sodio), por acetona o etanol a baja temperatura; por ultracentrifugación, o por análisis de electroforesis en papel, etc. (Gürtler et al., 1987).

Las fracciones proteicas más importantes se enlistan en la **tabla 4**, junto con sus propiedades, y se describen a continuación.

TABLA 4
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE ALGUNAS PROTEÍNAS DEL PLASMA

PROTEÍNA	PUNTO ISOELÉCTRICO	PESO MOLECULAR	MOLARIDAD DEL SULFATO AMÓNICO*
Prealbúmina	-	61,000	-
Albúmina sérica	4.7	69,000	2.57
α -Globulinas	5.06	200,000-300,000	2.05
α_1 -ácidoglicoproteína (orosomucoide)	2.7	41,000	-
α_1 -lipoproteínas	-	200,000	-
Haptoglobina	4.1	85,000	-
α_2 -glicoproteína	3.8	-	-
Ceruloplasmina	4.4	151,000	-
β -Globulinas	5.12	90,000-1,300,000	1.64
β -lipoproteína	-	1×10^7	-
Transferrina	4.4	76,500	-
Plasminógeno	5.6	81,000	-
γ -Globulinas	6.85	156,000-300,000	1.34
Fibrinógeno**	5.8	341,000	- **

* que se requiere para separarlas por efecto salino

** separado por efecto salino con NaCl 1.5M

Fuente: Haurowitz (1963), Putnam (1975), Lamb (1988)

3.3.1 Albúminas

La albúmina es la proteína más abundante, ya que representa un 60% de la cantidad total de las proteínas plasmáticas. Está constituida por una cadena peptídica única de 582 aminoácidos. Esta cadena se polimeriza en medio ácido. Contiene 17 enlaces S-S y un grupo SH libre (residuo 34).

El mantenimiento de la presión oncótica del plasma se realiza principalmente por las seroalbúminas, que tienen un peso molecular inferior al de las globulinas. También fija y transporta pequeñas moléculas orgánicas endógenas o exógenas (hormonas, ácidos grasos, vitaminas, medicamentos tales como antibióticos) o minerales (iones, metales). La fijación se hace, generalmente, por enlaces no covalentes y frecuentemente es reversible y no específica. (Cheftel, 1989)

A diferencia de las globulinas, la albúmina se puede obtener en estado cristalino. Tiene una mayor afinidad que la globulina hacia los aniones y cationes, y se combina rápidamente con los iones cloruro o con los ácidos grasos, con muchos colorantes y fármacos y también con el pigmento biliar, la bilirrubina. (Haurowitz, 1963).

3.3.2 Globulinas

Las globulinas se pueden separar del suero por efecto salino con una solución de sulfato amónico de concentración igual a la de semisaturación, o por medio de sulfato de sodio al 22%. En estas condiciones la albúmina pasa al filtrado y las globulinas quedan en suspensión. Mediante electroforesis de zona (sobre acetato de celulosa o gel de almidón o de poliacrilamida) se sabe que las globulinas son una mezcla de tres fracciones de movilidad electroforética diferente, que se llaman α -, β -, y γ -globulina. Si se realiza un fraccionamiento posterior con alcohol etílico a baja temperatura, se pone de manifiesto que cada una de estas globulinas se fracciona en una mezcla de muchas proteínas. (Cheftel, 1989).

En el grupo de las α_1 -globulinas se incluyen:

La orosomucoide, glicoproteína ácida, rica en glúcidos (40%) y de una masa molar de 41,000 daltons, la α_1 -antitripsina, glicoproteína de peso molecular de 54,000 daltons, que contiene 12% de glúcidos y es un inhibidor de proteasas, y la α_1 -fetoproteína, esencial para el desarrollo del embrión la cual contiene 4.3% de glúcidos y tiene un peso molecular de 70,000 daltons.

En el grupo de las α_2 -globulinas, se encuentran:

La haptoglobina es una glucoproteína que se une a hemoglobina extracorpúscular, la α_2 -macroglobulina (2.5 g/L, 8% de glúcidos, PM 850,000 daltons) y la ceruloplasmina,

transportadora del 95% del cobre plasmático (0.35 g/L, PM 150,000 daltons). (Cheftel, 1989)

La fracción β -globulínica contiene a la transferrina que es la proteína más importante de este grupo, esta proteína asegura el transporte de hierro en el organismo. También tiene algunos anticuerpos, así como isoaglutininas, entre otras sustancias que se encuentran en esta fracción se pueden citar también la protrombina, la enzima fibrinolítica plasmina. (Gürtler et al, 1987)

La fracción γ -globulínica es notoriamente importante ya que, en ella se encuentran los anticuerpos también llamados inmunoglobulinas que protegen al organismo contra enfermedades infecciosas. Las inmunoglobulinas son glucoproteínas que se unen específicamente al antígeno que indujo su formación. Se producen cuando las moléculas inmunogénicas se introducen al sistema linfóide de la persona y están presentes en líquidos corporales y unidos a la superficie de ciertos tipos celulares (Weir, 1995), es decir, si el organismo se ve invadido por microorganismos patógenos o si se inmuniza al individuo, entonces se incrementa considerablemente la cantidad de γ -globulina debido a la formación de anticuerpos (Gürtler et al., 1987). La estructura de las inmunoglobulinas se caracteriza por contar con un número extraordinariamente elevado de variaciones en la ordenación de los aminoácidos en una determinada zona de las cadenas ligeras y pesadas, de manera que es posible la existencia de un gran número de anticuerpos de estructura variable. De acuerdo con las propiedades moleculares, se distinguen los siguientes grupos de inmunoglobulinas:

a) Inmunoglobulina G (IgG). Toma parte en numerosas reacciones defensivas (aglutinación, precipitación, fijación de toxinas). En los ganglios linfáticos, pueden en una infección, ser globulinas del tipo IgG hasta el 60% de los anticuerpos formados. Las moléculas de IgG pasan desde el plasma sanguíneo a los líquidos tisulares. Las inmunoglobulinas G constan de 4 cadenas de polipéptidos, en particular de 2 cadenas ligeras y 2 cadenas pesadas con 220 y 430 aminoácidos respectivamente. En ambas cadenas existen porciones con ordenación variable de aminoácidos, en las cuales tiene lugar la fijación de los antígenos.

b) Inmunoglobulina M (IgM). Estas inmunoglobulinas poseen un elevado peso molecular y son el primer grupo de anticuerpos formados tras la inoculación de un antígeno (en la inmunización). Las moléculas de IgM disponen de unos 5-10 puntos de fijación de antígenos e intervienen especialmente en las reacciones de aglutinación y fijación de complemento, a la vez que favorecen la fagocitosis por leucocitos y macrófagos. (Gürtler et al., 1987).

c) Inmunoglobulina A (IgA). Está presente tanto en el plasma sanguíneo como en los diversos líquidos corporales. Se forma en distintas glándulas como las lagrimares, salivares, intestinales y lácteas, para ser expulsadas con la secreción. La actividad de la IgA está relacionada de forma esencial en la inmunidad de las mucosas donde puede actuar a tres niveles diferentes evitando la penetración de los antígenos en la pared del intestino, neutralizando la actividad de algunos virus, incluso dentro de las células epiteliales y fuera de ellas (Sánchez, 2004), resultando particularmente importante para conservar en buen estado de salud el canal gastrointestinal y las mamas de los animales. Esta IgA secretoria (sIgA) siempre existe de manera dimérica y está compuesta de dos unidades básicas de cuatro cadenas (dos ligeras y dos pesadas), una cadena J y el componente secretor. El componente secretor es parte de la molécula que transporta el dímero producido por una célula plasmática submucosa a la superficie de la mucosa. No sólo facilita el paso a través de las células epiteliales, sino que protege a la molécula secretada de la digestión proteolítica (Weir, 1995), luego entonces estas inmunoglobulinas no son destruidas por las enzimas digestivas. Un 80% de los anticuerpos presentes en el contenido intestinal y de los excretados con las heces son moléculas de IgA. En el cerdo es la inmunoglobulina más importante en la inmunidad de las mucosas y la principal en la lactancia del animal.

d) Inmunoglobulina D (IgD). Se forma en los estados de stress crónicos acompañados de infecciones y en la constitución de una resistencia frente a microorganismos patógenos.

e) Inmunoglobulina E (IgE). Estas inmunoglobulinas se fijan en las células de la piel, a la vez que intervienen en las reacciones de hipersensibilidad frente a alérgenos.

Gracias a la presencia anticuerpos en la sangre pueden hacerse inocuas las toxinas o bacterias que penetran en el organismo, sin que aparezcan signos de enfermedad, es decir,

que el cuerpo resulta inmune. La inmunidad puede lograrse activamente como consecuencia de la lucha contra microorganismos que tienen lugar en el curso de la enfermedad, o bien pasivamente mediante inyección de suero inmune. La duración de la inmunidad depende por lo general de la persistencia de anticuerpos en el plasma, variando en las distintas enfermedades infecciosas. (Gürtler et al., 1987)

En el cerdo se han descrito cuatro tipos de inmunoglobulinas, denominadas: IgM, IgG, IgA e IgE. La posible existencia de la IgD porcina todavía no se ha podido demostrar de forma concluyente. Ninguna de las inmunoglobulinas atraviesa la placenta. La transferencia de inmunoglobulinas de madre a feto se realiza a través del calostro, los lechones absorben por vía intestinal las inmunoglobulinas, pasando posteriormente al suero. (Sánchez, 2004)

De acuerdo con la naturaleza del proceso defensivo, los anticuerpos se clasifican en antitoxinas, aglutininas, precipitinas y citolisinas. Habitualmente se encuentran en el plasma del cerdo aglutininas sólo en escasa cuantía, por lo que únicamente se considera un grupo sanguíneo (factor A, con aglutinina anti-A); otras aglutininas naturales presentes van en contra de los factores B, C y D.

Por medio de la inmunización realizada en animales de experimentación se han descubierto hasta la fecha 14 grupos sanguíneos (Gürtler et al., 1987).

3.3.3 Fibrinógeno

Es la sustancia que provoca la coagulación de la sangre, se le considera como el precursor soluble de la fibrina, proteína insoluble que constituye el coágulo. Las soluciones de fibrinógeno son muy viscosas y muestran una alta birrefringencia. A partir de estas observaciones se puede llegar a la conclusión de que las moléculas de fibrinógeno son filiformes. Su longitud es aproximadamente 700 A°, su diámetro 38 A°, de forma que la relación axial, a/b, es de $700/38=18$. (Haurowitz, 1963).

3.4 Plasma porcino

El plasma porcino es de color grisáceo o rosado. El color más oscuro es debido a la hemoglobina, como consecuencia de una separación incompleta o debido a la ruptura de los

eritrocitos. La ruptura o hemólisis se puede prevenir normalmente con un cuidadoso tratamiento mecánico de la sangre y minimizando la dilución de la misma con agua en las operaciones de limpieza debido a que la mezcla de agua con sangre reduce la presión osmótica provocando el estallido de los eritrocitos.

Si a la sangre se le añaden anticoagulantes y los eritrocitos se separan por centrifugación, se obtiene un líquido denominado plasma.

Cuando la sangre se pasa por una centrífuga, se separa el plasma de los eritrocitos; aproximadamente el 20-25% de las bacterias quedan en el plasma, el restante 75-80% quedan en la fracción de los eritrocitos, por ello el plasma tiene una contaminación muy reducida, de aproximadamente 100 microorganismos por ml.

Para la obtención del plasma la sangre recolectada en condiciones asépticas se mezcla con anticoagulantes siendo los más empleados el citrato trisódico y el ácido cítrico en la concentración del 0.2% con o sin agua (dos partes de agua para una parte de citrato o cítrico).

Cuando la sangre se deseca hay que cuidar que la desnaturalización proteica sea mínima, ya que de lo contrario se reduce la calidad de la fracción desecada. Es más económico, concentrar previamente el plasma antes de desecarlo y aunque recientemente se puede concentrar pasando el fluido a presión sobre filtros o membranas de plástico (ósmosis inversa), lo más común es la concentración por evaporación. Existen dos tipos básicos de evaporadores: los de película descendente y los centrífugos. En los primeros el plasma fluye hacia abajo en forma de película delgada y el agua se evapora durante la caída debido a la aplicación de calor desde la cara en contacto con dicha superficie y con la ayuda del vacío exterior que hace que el plasma pueda hervir a una temperatura próxima a los 36°C. El plasma se concentra aumentando el contenido en sólidos desde el 8% inicial hasta aproximadamente el 25-27% al final del proceso. En el evaporador centrífugo la película de plasma se dispersa en la superficie del evaporador por centrifugación. Hay conos rotativos calentados con vapor que giran a una velocidad de 600 revoluciones por minuto, lo que hace que el plasma se desplace del centro a los extremos de los conos en aproximadamente 1 segundo. Este corto período de concentración reduce considerablemente la desnaturalización proteica.

Después el plasma se deseca por aspersión consiguiendo que el plasma se atomice en gotitas extremadamente finas. La gran superficie relativa de las gotitas hace que se produzca una violenta evaporación, que provoca una reducción de la temperatura a niveles en que se evita la desnaturalización.

De manera análoga a la sangre entera el plasma concentrado puede desecarse por aspersión en lecho fluidizado con lo que las pérdidas de solubilidad y otras propiedades técnicas son menores. Este sistema es generalmente más económico que un sistema de aspersión.

Cuando el plasma se deseca, normalmente presenta una elevada concentración salina, debido en gran medida a la adición de anticoagulantes. El contenido en sal se puede rebajar por ultrafiltración del plasma concentrado a través de una membrana que deja pasar sólo las moléculas pequeñas. Cuando se aplican la ultrafiltración y la desecación por aspersión se obtiene un plasma sanguíneo con el 96.4% de proteínas y el 2.5% de humedad. (Ockerman y Hansen, 1994)

3.5 Composición del plasma desecado

En la **tabla 5** se presentan la composición de diferentes plasmas animales secados por aspersión y otros concentrados proteínicos como la caseína y la soya reportadas por diversos autores. El contenido de proteína cruda en base seca de los plasmas animales oscilan entre 68 y 87.5 por ciento mientras que el plasma porcino coagulado contiene mínimo 90%, estas diferencias se deben al proceso por el cual se obtienen. Es en el contenido de cenizas donde se observan grandes diferencias que van desde 5% para el SDPP hasta un 11.8% en el plasma porcino secado que son valores altos si se les compara con el plasma porcino coagulado que tiene menos de 0.5% de cenizas, un alto contenido de este componente desmerita el valor nutricional del producto.

TABLA 5*
COMPOSICIÓN (%) DE DIFERENTES PLASMAS ANIMALES SECADOS POR SPRAY (SDAP) EN COMPARACIÓN CON CONCENTRADOS PROTEÍNICOS DE CASEÍNA Y SOYA Y CON PLASMA PORCINO COAGULADO

Componente	SDAP ^a	SDPP ^b	Plasma porcino liofilizado ^c	Plasma porcino secado ^c	Plasma bovino secado ^c	Caseína ^a	Concentrado proteico de soya ^a	Plasma porcino coagulado ^d
Materia seca	91	94.6	90.8	91.1	91.6	91	90	82.86 ± 1.32
Proteína cruda	78	87.5	68	70	70	89	64	mínimo 90
Grasa cruda	2	1	2	1.5	1.5	0.8	3	0
Cenizas	n.d.	5	11.5	11.8	10.3	n.d.	n.d.	≤0.5
Calcio	0.15	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	0.61	0.35	n.d.
Fósforo	1.71	0.13	n.d.	n.d.	n.d.	0.82	0.81	n.d.
Sodio	3.02	3.4	5.2	5.1	5	0.01	0.05	n.d.
Cloro	1.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.
Potasio	0.2	0.13	n.d.	n.d.	n.d.	0.01	2.2	n.d.
Magnesio	0.34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.01	0.32	n.d.

^a National Research Council (1998)

^b Delaney (1975)

^c Howell and Lawrie (1983)

^d Macedo S, L. (2004)

SDPP = Spray-dried porcine plasma; n.d. = no determinado

* Fuente: Tomado de Van Dijk, A.J. et al. (2001)

3.6 Propiedades nutrimentales del plasma

El valor de la relación de eficiencia proteínica (REP) del plasma bovino es de 2.8, siendo mayor al de la caseína que es de 2.5 (Young, et al., 1973).

Al comparar los requerimientos nutricionales publicados por el Consejo de Investigación Nacional de los E.U.A. respecto a los requerimientos de aminoácidos para los diferentes grupos de edad que se enlistan en la **tabla 6** con la composición de aminoácidos del plasma sanguíneo desecado se observa que el plasma prácticamente cubre todos los requerimientos de aminoácidos para la nutrición humana, aunque probablemente pudiese existir una pequeña deficiencia en isoleucina y metionina.

TABLA 6
REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS^a COMPARADO CON LA
COMPOSICIÓN DE PROTEÍNAS DE ALTA CALIDAD

REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS POR GRUPOS DE EDAD (mg/g proteína)					COMPOSICIÓN REPORTADA (mg/g proteína)					
Aminoácido	Lactantes 3-4 meses	Niños >de 2años	Niños 10-12 años	Adultos	Leche humana	Huevo de gallina	Leche de vaca	Carne	Plasma sanguíneo desecado ^c	Clara cruda de huevo blanco ^d
Histidina	16	(19) ^b	(19) ^b	(11) ^b	26	22	27	34	22	22
Isoleucina	40	28	28	13	46	54	47	48	26	49
Leucina	93	66	44	19	93	86	95	81	68	82
Lisina	60	58	44	16	66	70	78	89	61	65
Metionina y Cisteína	33	25	22	17	42	57	33	40	35	55
Fenilalanina y Tirosina	72	63	22	19	72	93	102	80	72	92
Treonina	50	34	28	9	43	47	44	46	49	44
Triptofano	10	11	(9) ^b	5	17	17	14	12	14	27
Valina	54	35	25	13	55	66	64	50	44	64
Total menos Histidina	412	320	222	111	434	490	477	445	364	478

^a La ingestión prevista en g/kg es 1.73 para lactantes de 3.4 meses de edad, 1.10 para niños de 2 años, 0.99 para niños de 10-12 años y 0.75 para adultos.

^b Los valores en paréntesis están en discusión.

Fuentes:

- Recommended Dietary Allowances (1989)
- ^c Merrick's Inc. "Especificaciones para plasma secado por spray" MP 722
- ^d Tablas del Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán (México)

3.7 Propiedades funcionales del plasma

El plasma sanguíneo al calentarse forma un gel, y si se hierve durante 15-20 minutos se solidifica igual que la clara de huevo. Cuando las proteínas del plasma se desnaturalizan, se polimerizan, probablemente por efecto de una condensación amino-carboxílica, formando el gel, el cual retiene la grasa cuando se produce la solidificación, y el agua escapa de la matriz proteínica; el volumen y la resistencia del gel aumentan linealmente con la temperatura entre 75°C y 95°C. La estructura del gel se desarrolla lentamente y se necesita aproximadamente 1 hora a 90°C para conseguir la máxima resistencia. La resistencia del gel también es mayor cuando aumenta la concentración salina y el pH. La formación del gel está ligada a la desnaturalización de las moléculas proteínicas

que se produce entre 67°C y 73°C y con un pH entre 5.8 y 6.8. A medida que se va produciendo la desnaturalización y las cadenas peptídicas se despliegan, se exponen nuevas áreas reactivas de la proteína y entonces se producen reacciones entre zonas hidrofóbicas, enlaces disulfuro e interacciones electrostáticas entre grupos cargados de la superficie. Algunos investigadores sugieren que la condensación amino carboxílica es el principal factor responsable de la formación de geles, pero otros piensan que el factor más importante son las fuerzas electrostáticas. (Ockerman y Hansen, 1994).

Howell y Lawrie (1985) estudiando las propiedades funcionales del plasma en comparación con la albúmina de huevo, concluyeron que la gelatinización del plasma porcino así como de sus fracciones involucran a los enlaces disulfuro. La reducción de puentes de hidrógeno utilizando urea y la reducción de fuerzas hidrofóbicas mediante el uso de dodecilsulfato decrecen la fuerza del gel en las proteínas del plasma pero las incrementa en la albúmina de huevo. Mayor información sobre las propiedades gelificantes, así como los aspectos funcionales y la interacción con otras proteínas durante la gelificación del plasma han sido publicadas por los mismos autores en 1983, 1984 y 1984b.

Más recientemente O'Riordan et al. (1989), realizaron un estudio sobre las fuerzas que están involucradas en la gelatinización de las proteínas del plasma, llegando también a la conclusión de que esto se debe a la ruptura de enlaces disulfuro intramoleculares que les permite a las proteínas desdoblarse y de esta manera exponer grupos sulfhídrido reactivos iniciando así el proceso de coagulación.

Otra propiedad importante de las proteínas del plasma es la capacidad de emulsificación, Satterlee et al. (1973), estudiaron ésta propiedad funcional con proteínas de sangre en polvo, para ser utilizada en la emulsificación de productos cárnicos; posteriormente Caldironi y Ockerman (1982), estudiaron la capacidad emulsificante de la carne, el plasma y las globinas, así como diferentes mezclas, concluyendo que las proteínas del plasma tienen unas propiedades de emulsificación muy aceptables, ya que ésta fue equivalente a la de la carne, cuando las pruebas de emulsificación se realizaron a concentraciones de 0.4% de la proteína total.

Una tercera propiedad importante de las proteínas del plasma que ha sido evaluada para su posible inclusión como aditivo en alimentos y específicamente en la sustitución de

la albúmina de huevo es la propiedad espumante. Tybor et al. (1975), encontraron que la capacidad espumante del plasma es equivalente a la de la albúmina de huevo, pero menor a la de la globina.

Otras dos propiedades que son de interés se refieren a la solubilidad de las proteínas del plasma después de haber sido desecado y a su capacidad de retención de agua. Generalmente el plasma desecado tiene una solubilidad de entre 90 a 100% a un pH de 3 a 9 (Satterlee, 1975). La capacidad de retener agua es importante porque de ella dependerá la pérdida de agua especialmente durante el cocimiento de los productos que han sido formulados con proteínas del plasma.

3.8 Usos del plasma

El plasma en polvo tiene documentado su uso principalmente en embutidos, especialmente en salchichas; (Caldironi y Ockerman; 1982 y 1982b) y Autio y Mietsch (1990), encontraron que el plasma puede sustituir al 20% de la carne en la fabricación de salchichas sin alterar el olor, la textura y el sabor, aunque si el color, dado que las proteínas del plasma son blancas.

Otro empleo del plasma se refiere a la sustitución de la albúmina de huevo en panadería, que como ya se vio tiene la misma capacidad espumante, por lo que Ockerman y Hansen (1994) reportaron que en la fabricación de pan ha dado excelentes resultados la adición de plasma de entre el 2 y 6% ya que se consigue un volumen de esponjado significativamente superior, esta adición de plasma al pan le aumenta un 15% las proteínas y aproximadamente un 75% de la lisina. En pastelería, cuando se mantiene una proporción de 30% de plasma y 70% de clara de huevo se consigue productos con sabor aceptable.

Hinojosa y López (1981), plantearon la utilización de plasma para la fortificación de pastas alimenticias y concluyeron que es factible su uso.

Knapp et al. (1978), evaluaron la posibilidad de utilizar las proteínas de la sangre específicamente globina y plasma, en la fabricación de quesos de imitación. Díaz R y colaboradores (2001) aplicaron el uso de un precipitado proteico de plasma equino como sustituto del huevo en la fabricación de panque, obteniendo muy buenos resultados tanto en análisis sensorial como fisicoquímico, en niveles de sustitución de hasta 50%.

3.8.1 Incorporación de plasma de cerdo secado en spray (SDPP) en dietas para lechones

La leche descremada y los subproductos lácteos, como la caseína constituían hasta muy recientemente la base fundamental de aporte proteico en piensos para lechones pero debido a la implantación de los destetes precoces (Gatnau et al. 1995) se han buscado nuevas fuentes de proteína y el plasma de cerdo secado por spray (SDPP) ha mostrado resultados aceptables no solo por sus propiedades nutrimentales sino también porque ha demostrado ser una buena fuente de artificial de inmunoglobulinas. Esto último es de gran interés para los productores de cerdos ya que estos se caracterizan por tener una placenta epiteliochorial, que evita la transferencia de inmunoglobulinas a través de la placenta como ocurre, por ejemplo, en los humanos, por lo que al nacer carecen de inmunoglobulinas y dependen del calostro y de la leche materna para obtener estas defensas (IgG en calostro e IgA en leche) pues el sistema inmunitario del lechón al nacimiento, tanto a nivel humoral como celular, es bastante inmaduro, no alcanzando un desarrollo adecuado hasta los 35 días de vida aproximadamente. (Rooke, 2002).

Las concentraciones de IgG en el plasma del lechón dependen de la cantidad de calostro ingerido, de la concentración de IgG en el calostro y del tiempo del “cierre” intestinal (cuando las IgG intactas ya no pueden ser absorbidas por el tracto gastrointestinal del lechón). Además es crítico que los lechones absorban las cantidades adecuadas de IgG para la protección contra enfermedades. La nutrición y otros factores pueden influir en la adquisición de IgG por el lechón por lo cual se discute la relación entre la adquisición de inmunidad pasiva y el desarrollo de una inmunidad activa. El recién nacido está confiado en la absorción de las inmunoglobulinas G del calostro para tener una protección humoral hasta que su sistema inmune haya madurado lo suficiente para responder (o producir anticuerpos) a los antígenos externos. Es de suma importancia el suministro de IgG en el calostro porque es muy corto el tiempo durante el cual el cerdo recién nacido es capaz de absorber inmunoglobulinas intactas y transferirlas hacia el torrente sanguíneo. La liberación de éstas en el intestino delgado, donde la absorción de proteínas intactas tiene lugar, está facilitada por dos factores: 1) al nacimiento y en los primeros días de vida, la proteasa

gástrica en el estomago es la quimosina antes que la pepsina la cual resulta predominante en la coagulación de la leche y 2) el calostro contiene inhibidores de proteasa lo cual facilita la absorción, ya que si se alimenta con calostro en el cual se han removido o adicionado los inhibidores de tripsina, decrece y se incrementa , respectivamente, la transferencia de IgG del suero del lechón. Las inmunoglobulinas del calostro son tomadas rápidamente por pinocitosis no específica dentro del enterocito del intestino delgado del lechón recién nacido y localizado en vacuolas. Por lo tanto, el paso crítico en el control de la transferencia de inmunoglobulinas intactas a la circulación del lechón es el cese de la transferencia a través de la membrana basolateral del enterocito. Por esta razón, el término “cierre intestinal” está definido como el cese de la transferencia de IgG a la circulación del lechón antes del cese de la pinocitosis hacia el enterocito del intestino. Además se ha sugerido que la absorción de IgG por el enterocito es saturable porque uno sólo de ellos solo es capaz de tomar una cantidad finita de material por pinocitosis. (Rooke, 2002).

En algunas granjas es común administrar cinco mililitros de sangre completa o de gammaglobulinas dentro de las primeras 12 horas después del nacimiento con lo cual se ha observado que los lechones tienen menos diarreas, mayor peso, mayor vigor y menor mortalidad. Y se propone que la explicación del efecto antidiarreico y del incremento de vigor es que el suero sanguíneo no actúa debido exclusivamente a los anticuerpos, sino quizá pudiera tener un efecto estimulante en la pinocitosis de las células fetales absorbedoras del intestino del neonato y que este absorbiera más calostro. (Morilla, 1991)

En el cerdo la IgG representan entre el 80 y el 85% de las inmunoglobulinas porcinas en el suero y calostro, siendo además el anticuerpo más importante en la respuesta secundaria y su concentración en suero es entre 17- 29 mg/mL. Entonces el plasma porcino también tiene una cantidad similar de esta inmunoglobulina y es posible que ejerza el mismo efecto que el suero sanguíneo.

Aunque no se conoce bien a bien el mecanismo de acción por el cual el SDPP provee de inmunidad pasiva al lechón y promueve el crecimiento de éste algunos estudios como el Thomson et al. (1994) sugieren que la fracción de bajo peso molecular (LMW) del SDPP no tuvo un efecto significativo en ninguno de los parámetros medidos. Mientras que la albúmina (Alb) y la fracción de inmunoglobulinas (Ig) tuvieron efectos significativos

sobre el crecimiento, el consumo de alimento y la relación ganancia / alimento durante las dos semanas postdestete. La inclusión de Alb y Ig juntos incrementaron la ganancia de peso, el consumo de alimento y la G/F más que si se les tenía por separado. Weaver et al. (1995) determinaron que la adición de los componentes primarios del plasma (IgG y albúmina) incrementan el crecimiento del cerdo en la primera semana postdestete mientras que la fracción LMW lo disminuye; Owen et al. (1995), Pierce et al. (1995), Gatnau y Cain (1995), Godfredson y Johnson (1997) obtuvieron resultados similares y refieren que los factores que estimulan el crecimiento están presentes en la fracción de globulinas y de inmunoglobulinas del SDPP; el estudio más reciente lo realizaron Pierce J.L. y Cromwell G.L., et al. (2005) indican resultados similares a los anteriores agregando además que el plasma porcino es superior al plasma bovino al estimular el crecimiento y el consumo de alimento mientras que la fracción de IgG del plasma bovino demostró ser tan efectiva como el SDPP promoviendo el crecimiento y más efectiva que el plasma bovino secado por spray.

En un estudio realizado por Drew y Owen (1988) se encontró que las inmunoglobulinas del suero porcino proveían de inmunidad pasiva a los lechones privados de calostro, ya que la transferencia de inmunidad pasiva a lechones por vía inmunoglobulinas es esencial para la supervivencia de el lechón de dos maneras: 1) durante las primeras 24 horas de vida, las moléculas de las inmunoglobulinas del calostro se absorben directamente hacia el torrente sanguíneo del lechón, proveyéndolo de protección sistémica contra infecciones; y 2) las inmunoglobulinas contenidas en la leche proveen de protección local en el intestino delgado hasta el destete. Además de que las inmunoglobulinas porcinas se absorben en mayor grado que las inmunoglobulinas de origen bovino.

La adición de SDPP a dietas para cerdos destetados tempranamente ha mostrado incrementar la ingesta de alimento y el índice de crecimiento cuando se adiciona sustituyendo proteína de soya (Kats et al. 1992), suministrando 10% de SDPP de 0 a 14 días postdestete el crecimiento es mayor comparado con otras fuentes de proteínas (Kats et al. 1994), leche descremada en polvo (Hansen et al. 1991a,b; Sohn et al. 1991), o proteína

de suero de leche (Gatnau y Zimmerman, 1991; Gatnau et al., 1991; Richert et al., 1992). Smith, J.W. y colaboradores (1995) probaron tres fuentes de plasma secado por spray: bovino, porcino y plasma colectado de cerdas, suministraron 5% de plasma a lechones y encontraron que la fuente de plasma influye en el crecimiento inicial del cerdo además el plasma de cerdo de origen porcino promueve más la ganancia de peso en los primeros 14 días postdestete que el plasma bovino.

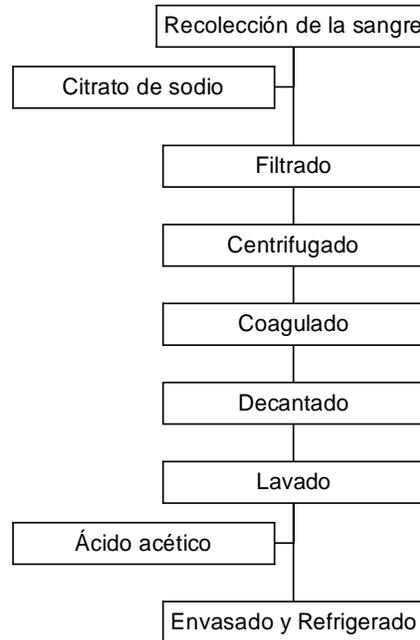
Van Dijk et al. (2001) al efectuar una revisión de 15 estudios publicados concluyeron que la dieta con niveles del 6% de plasma porcino secado por spray incrementan la ganancia promedio de peso (ADG) y de alimento ingerido (ADFI) en las dos primeras semanas después del destete en cerdos. Por debajo del 6% se reduce la conversión alimenticia. El efecto positivo del plasma porcino sobre ADG y ADFI es más pronunciado en la primera que en la segunda semana postdestete.

Thomson y colaboradores (1994) realizaron un estudio con ratones para observar si estos respondían de manera similar al cerdo al SDPP porque de ser así podría emplearse para aislar y probar el o los componentes del plasma que promueven el crecimiento con la ventaja de que el ratón de laboratorio consume menor cantidad de alimento, requiere menor espacio y es genéticamente más uniforme que los cerdos. Ellos determinaron que la respuesta en ratones a la inclusión de SDPP en dietas incremento la ganancia de peso, el consumo de alimento y la relación ganancia de peso – consumo de alimento durante el período inmediato después del destete y los ratones sirven como un modelo biológico apropiado para probar plasma secado en spray que será suministrado a cerdos.

3.9 Recuperación de las proteínas plasmáticas porcinas coaguladas

En la figura 1 se describe el proceso de recuperación del plasma que consiste en recolectar la sangre en un tanque provisto de una chaqueta para calentarlo con vapor hasta 85 °C durante 30 min. Una vez terminado el proceso, las proteínas se decantan, se realizan operaciones de lavado con agua corriente. Posteriormente se elimina el agua excedente para finalmente agregar el estabilizador (ácido acético) y se empaca. El plasma coagulado se refrigera a 4°C hasta su uso. (Valdés, R. D; 1998)

FIGURA 1. Proceso de recuperación de las proteínas plasmáticas porcinas coaguladas



3.10 Características de las proteínas plasmáticas porcinas coaguladas

En la **tabla 7** se presenta las características de las proteínas de plasma coaguladas generada por métodos estadísticos, a partir de los análisis obtenidos durante un año de operación de la planta recuperadora de proteínas de la sangre, de FIRASA. (Pérez Gavilán – E.J.P., 2001).

**TABLA 7
CARACTERÍSTICAS DE LAS PROTEÍNAS PLASMÁTICAS COAGULADAS**

ANÁLISIS	ESPECIFICACIONES
Análisis proximal	%
Proteína (B.S.)	Mínimo 90*
Humedad	82.86 ± 1.32
Cenizas	≤ 0.5
E.L.N.	≤ 1
Análisis microbiológico	UFC / g
Mesófilos aerobios	2000
Coliformes	≤ 10
Hongos	≤ 5

* Se utilizó el factor de conversión N x 6.62.

El plasma coagulado tiene una digestibilidad de 90.63%, este método se realizó in vitro según Hsu, H.W., et al. (1977).

Además es una buena fuente de lisina, uno de los aminoácidos esenciales para el humano, pero debido al tratamiento térmico utilizado para la coagulación del plasma este aminoácido puede verse disminuido. Se determinó el contenido de lisina disponible por el método de K.J. Carpenter establecido en 1960. Se encontró que el plasma coagulado contiene 8.25 g de lisina disponible por cada 100 g de proteína.

3.11 Aplicaciones de las proteínas plasmáticas porcinas coaguladas

Se han realizado estudios para incorporar las PP en queso tipo Manchego fabricado bajo el procedimiento que se usa en México a niveles de 10 g/L de leche aumentando el rendimiento y sin efecto significativo en la aceptabilidad y atributos sensoriales del mismo (Valdés, 1998); en hamburguesas como extensor de carne en niveles del 10% mejorando su aceptabilidad sin desmeritar la calidad nutricional (Macedo, 2004); en chorizo; en jamones; en salchichas; en picadillo enlatado (en fase experimental).

Por todo lo anterior se estudio el efecto del plasma coagulado porcino bajo los siguientes:

4 OBJETIVOS

Objetivo general:

- Observar el efecto de una dieta con proteínas plasmáticas porcinas coaguladas sobre parámetros fisiológicos y reproductivos de ratones CD1.

Objetivo particular:

- Determinar la conversión alimenticia, el número de crías nacidas y al destete y el % de mortalidad en cuatro generaciones de ratones CD1.

5 MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Diseño experimental

Las tres dietas consistieron en: 1) testigo, 2) testigo + 8% de albúmina de huevo, y 3) testigo + 8% de plasma de cerdo coagulado. Se les denominó 1) Testigo, 2) Albúmina y 3) Plasma, respectivamente. Se elaboraron en forma de pellets en el laboratorio del instituto.

5.2 Formulación de dietas

DIETA	Alimento Harlan Teklad	Albúmina de huevo	Plasma de cerdo
	2018S %	%	%
Testigo	100	-	-
Albúmina	92	8	-
Plasma	92	-	8

5.3 Elaboración de dietas

La dieta Testigo fue Alimento Harlan Teklad global 2018S (esterilizable) para roedores con 18% proteína. Este alimento contenía todos los requerimientos nutricionales para un adecuado crecimiento del ratón. Es elaborado por Harlan Teklad en Wisconsin, USA e importado y distribuido por Harlan México, S.A. de C.V.

Se empleó Albúmina de huevo marca Proval Lote 161104 elaborada por Abastecedora de Productos Vallejo S.A. de C.V. en México D.F.

El Plasma de cerdo coagulado fue proporcionado por la planta recuperadora de proteínas de sangre de cerdo, propiedad del Rastro y Frigorífico Santa Ana S.A. de C.V. localizado en el Km. 65.5 carretera Irapuato-La Piedad, Pénjamo, Guanajuato, México.

Para elaborar las dietas primero se esterilizó el bulto con 15 Kg. de alimento Harlan Teklad en autoclave a 121°C durante 20 minutos. Después éste se molió en un molino para carne pasándolo dos veces (utilizando el cedazo CI22-5/8"). Se pesaron los ingredientes necesarios para cada dieta. Se adicionó 32% (v/p) de agua solo en el caso de la dieta Testigo y la dieta Albúmina y se mezclaron homogéneamente de forma manual. Cada mezcla se pasó por el molino (sin navaja) dos veces, utilizando el cedazo CI22-1/2". Los

pellets obtenidos se secaron a temperatura ambiente durante dos o tres días. Finalmente se guardaron en bolsas de plástico.

5.4 Distribución de los ratones en las jaulas

Se formaron tres grupos de ratones cepa CD1 conformado cada uno por 10 hembras y 5 machos de cuatro semanas de edad, esta es la primera generación y se denominó “G0”. A cada grupo se les asignó una dieta diferente al azar. Se les suministró alimento y agua *ad libitum*. Se colocaron en jaulas de polipropileno. La sala del bioterio se mantuvo a una temperatura entre 21-23°C, con una humedad relativa de 40-50% y con ciclos luz / oscuridad de 12 h comenzando a las 0700 horas.

Al cumplir nueve semanas de edad se realizó la cruce colocándolos en cinco jaulas, con un macho y dos hembras en cada jaula, después de dos semanas se retiraban los machos y se desechaban; al finalizar la gestación se cuantificaron las crías nacidas.

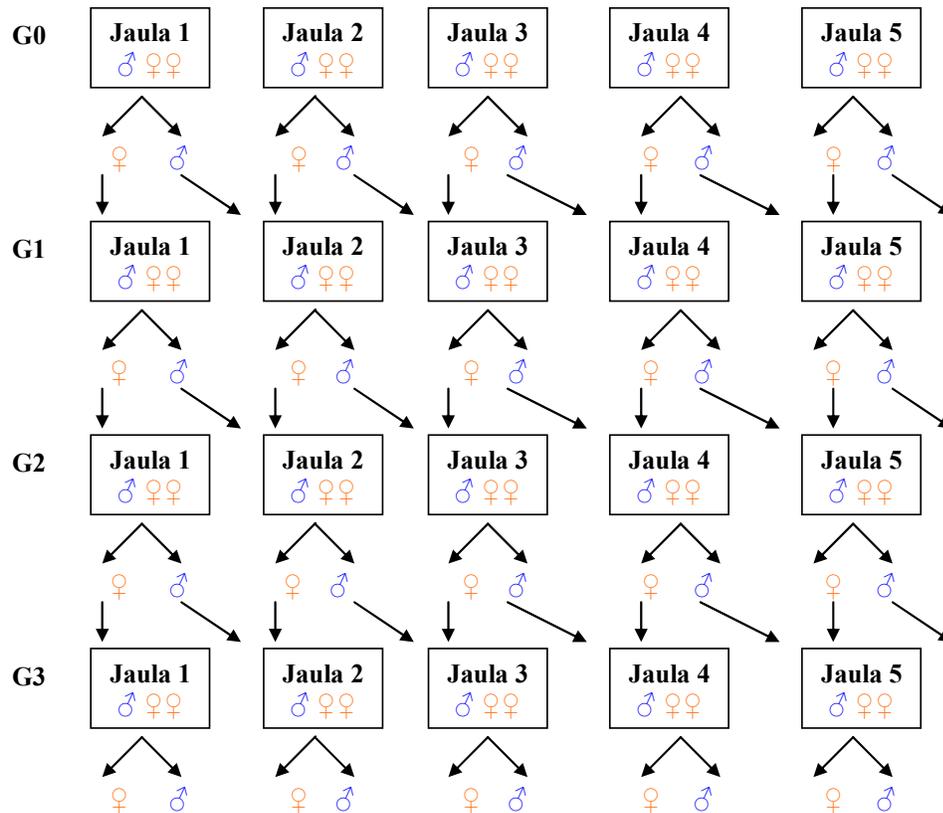
A las tres semanas de lactancia las crías se destetaron, cuantificaron y se separaron las crías de una misma jaula por sexo, ésta es la generación 1(G1). Por lo que se tenían cinco jaulas para machos y cinco para hembras en cada dieta. Los ratones se pesaron al destete y durante las dos siguientes semanas. Se calculó la ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia en cada jaula en las dos semanas postdestete. Conversión alimenticia se define como la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso.

Al cumplir los ratones de la G1 nueve semanas de edad se registró el peso y se eligieron dos hembras y un macho de cada jaula, utilizando como criterio de selección los que registraron el mayor peso, para realizar el cruzamiento de mínima consanguinidad, es decir, las hembras de una jaula se cruzaron con el macho proveniente de la jaula siguiente. También, se determinó el % de mortalidad en cada generación en un período de nueve semanas, es decir, desde el nacimiento hasta que los ratones cumplieran nueve semanas de edad.

El estudio finalizó cuando los ratones de la generación cuatro cumplieron nueve semanas de edad.

En la **figura 2** se muestra el diseño experimental de mínima consanguinidad que se siguió durante el estudio.

FIGURA 2. Diseño experimental de mínima consanguinidad.



5.5 Cálculo de consumo de alimento promedio semanal por jaula

Las jaulas estaban constituidas por los siguientes elementos: el bebedero, la cama inicial (aserrín) y el comedero donde se colocaba el alimento (dieta).

Debido a que los animales desperdiciaban alimento se pensó en idear un cálculo que permitiera determinar el consumo real de alimento ya que si solo se restaba la cantidad de alimento final semanal a la cantidad de alimento inicial colocado el resultado no correspondía al real sino a un “consumo aparente de alimento” debido al evidente desperdicio del que se habló.

Entonces dentro del consumo aparente de alimento estaba incluido tanto el consumo real semanal como el alimento desperdiciado. Este último caía en la cama de aserrín y no se separaba de los otros componentes de la cama, pero era posible determinarlo indirectamente haciendo ciertas consideraciones:

- La cama inicial se componía solo de aserrín.
- La cama final se componía de la cama inicial, el alimento desperdiciado, las heces y la orina de los ratones.
- La orina al ser 99% agua se podía despreciar.
- Por tanto la cama inicial como final se manejaron en base seca.
- Al colocar la cama inicial de aserrín esta siempre se pesaba y al final de la semana también. Se tomaba una muestra de ambas y se les determinó la humedad.
- Además se consideró que la digestibilidad de las dietas era del 90% teniendo así que las heces son el 10% del consumo real de alimento.

Se manejan las siguientes abreviaciones:

C_A = Consumo aparente de alimento semanal en g

C_R = Consumo real de alimento semanal en g

A_D = Alimento desperdiciado semanal en g

Con las consideraciones anteriores se realizaron los siguientes cálculos:

$$C_A = \text{Consumo real semanal} + \text{Alimento desperdiciado semanal} \\ C_A = C_R + A_D \text{ ----- (1)}$$

$$\text{Cama final seca} = \text{Cama inicial seca} + A_D + \text{Heces} + \text{Orina} \text{ ----- (2)}$$

Despejando A_D de (2):

$$A_D = \text{Cama final seca} - \text{cama inicial seca} - \text{Heces} - \text{Orina} \text{ ----- (3)}$$

Como la orina es 99% agua la podemos despreciar, quedando así:

$$A_D = \text{Cama final seca} - \text{cama inicial seca} - \text{Heces} \text{ ----- (4)}$$

Entonces si la Digestibilidad = 90% tenemos que las heces son el 10% de C_R y por tanto:

$$A_D = \text{Cama final seca} - \text{cama inicial seca} - 0.1 C_R \text{ ----- (5)}$$

De (1) despejamos A_D :

$$\text{Tenemos que } A_D = C_A - C_R \text{ -----}$$

(6)

Sustituyendo (5) en (6):

$$\text{Cama final seca- cama inicial seca} - 0.1 C_R = C_A - C_R$$

$$\text{Cama final seca- cama inicial seca} + C_R - 0.1 C_R = C_A$$

$$\text{Cama final seca- cama inicial seca} + 0.9 C_R = C_A$$

Despejando C_R :

$C_R = \frac{C_A - \text{Cama final b.s.} - \text{Cama inicial b.s.}}{0.9}$

Se registró tanto el peso de la cama inicial de aserrín como de la cama final. Se tomaba una muestra de ambas y se les determinó humedad mediante el método de arena o gasa que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSAI-1994. (Ver apéndice).

Con los datos de peso de la cama inicial y final en base seca y de consumo aparente se calculó el consumo real de alimento para cada una de las jaulas de las diferentes dietas. Posteriormente se determinó el consumo de alimento promedio por ratón por jaula.

5.6 Cálculo de conversión alimenticia promedio por jaula

Los animales (machos y hembras) de cada dieta se pesaron de manera individual al momento del destete, siendo éste el peso inicial. Se pesaron durante las siguientes dos semanas. Se obtuvo el peso promedio semanal por jaula. Se calculó la ganancia de peso promedio restando el peso final promedio al peso inicial promedio. Finalmente se calculó la conversión alimenticia semanal para cada jaula definida como la relación entre el consumo de alimento promedio y la ganancia de peso promedio.

5.7 Parámetros fisiológicos

Se realizó el seguimiento del peso al destete, el peso a las nueve semanas de edad, la ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia. Los resultados mostrados son de la primera camada. Se usarán las siglas G para referirse a la generación.

5.8 Parámetros reproductivos

Se realizó el seguimiento del número de hembras paridas, el número de crías nacidas y crías al destete.

5.9 Tratamiento estadístico de resultados

El modelo incluyó la dieta como principal efecto. Se utilizó el promedio de cada jaula como unidad experimental. Se analizaron los resultados por separado para machos y hembras. Se realizó ANOVA y los contrastes por el método de Duncan a una significancia de 0.05 utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus versión 6.0.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 PARÁMETROS REPRODUCTIVOS

6.1.1 Hembras paridas

En el cuadro 1 se observa que hubo hembras que no fueron preñadas, una hembra en la dieta Testigo y tres hembras en la dieta Plasma. Estas diferencias no son significativas ($P=0.2740$), es decir, la dieta no esta relacionada con el número de hembras preñadas. Porque el hecho de que una hembra no sea preñada no indica que las dietas tengan un efecto de infertilidad ya que solo se mantuvieron juntos hembras y machos durante un ciclo estral, es decir, para saber si las hembras eran infértiles tendría que haberseles cruzado un mayor número de veces lo cual no se hizo ya que para los fines del experimento solo se requería de la primera camada. Asimismo la reproducción es esencialmente un fenómeno cíclico, este es dependiente de la integración de procesos complejos los cuales suceden en diferentes etapas tal como la gametogénesis, la fertilización y la gestación además de estar influenciada por estímulos visuales, táctiles y olfatorios por parte de otros miembros de la especie, en este caso entre las dos hembras y el macho en cada jaula. (The mouse in biomedical research, 1981)

CUADRO 1. HEMBRAS PARIDAS EN EL ESTUDIO

Generación	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
0	10	10	9	
1	10	10	10	
2	10	10	10	
3	9	10	8	
Promedio	9.75	10	9.25	0.2740

6.1.2 Crías nacidas y Mortalidad

En el cuadro 2 se muestran el número de crías que nacieron en cada generación para cada tratamiento así como el porcentaje de ratones que fallecieron.

Se observa que en el grupo alimentado con la dieta Plasma fue mayor el número de crías nacidas con 107, mientras que en promedio nacieron 102 y 94 crías en la dieta Testigo y Albúmina, respectivamente, sin embargo no hay un efecto significativo ($P = 0.5498$) de la dieta sobre el número de crías nacidas.

Por otro lado en la dieta Albúmina se registro un porcentaje de mortalidad de 8.48% comparado con el 2.44% de la dieta Testigo y el 1.76% de la dieta Plasma. Aunque no hay diferencia significativa entre la dieta Testigo y la dieta Plasma, si es significativa la diferencia entre la dieta Albúmina con respecto a las otras dietas a una $P \geq 0.05$.

Drew y Owen (1988) realizaron un estudio suministrando inmunoglobulinas de suero bovino y porcino a lechones desprovistos de calostro siendo el porcentaje de supervivencia en el grupo control del 22% comparado con el 75% de los lechones que recibieron las inmunoglobulinas bovinas y del 92% de los que recibieron inmunoglobulinas porcinas. Los resultados de este estudio guardan similitud a los de Drew ya que en ambos estudios se obtuvo el menor porcentaje de mortalidad al suministrar componentes de origen porcino.

CUADRO 2. EFECTO DE LA DIETA SOBRE EL NÚMERO DE CRÍAS NACIDAS Y LA MORTALIDAD

Generación	Dieta						Significancia No. de crías	Significancia Mortalidad
	Testigo		Albúmina		Plasma			
	N	% M	N	% M	N	% M		
1	93	2.15 ^a	68	8.82 ^b	87	0.00 ^{ac}		
2	106	2.83 ^a	97	9.28 ^b	117	1.71 ^{ac}		
3	123	2.44 ^a	96	6.25 ^b	120	2.50 ^{ac}		
4	86	2.33 ^a	115	9.57 ^b	106	2.83 ^{ac}		
Promedio	102	2.44	94	8.48	107.5	1.76	0.5498	0.0000

N = Número de crías nacidas

% M = Porcentaje de mortalidad

a, b, c = Valores en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

6.1.3 Crías al destete

En el cuadro 3 se presenta el promedio de crías al destete, esto es incluyendo machos y hembras, para cada dieta en todo el estudio.

Se observa un efecto significativo de la dieta con plasma sobre el promedio de crías al destete ya que la diferencia entre la dieta Albúmina y Plasma es de 4 crías lo que representa un 20% de la población significativa.

CUADRO 3. EFECTO DE LA DIETA SOBRE EL PROMEDIO DE CRÍAS AL DESTETE

	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
n	20	20	19	
Crías	20.4 ^{ab} +/- 4.9	18.3 ^b +/- 6.4	22.4 ^a +/- 5.9	0.0964

n es el número de jaulas

a, b = Valores medios en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

En el cuadro 4 se muestra el promedio de crías al destete a través de las distintas generaciones para cada tratamiento. Cabe aclarar que en la generación 3 las hembras de la jaula 5 de la dieta con plasma no fueron preñadas por lo que no hubo crías en esta jaula para la siguiente generación, es decir, en la generación 4 se tuvieron solo 4 jaulas en la dieta Plasma. Mientras que para el resto siempre fueron 5 jaulas.

En general se observó un aumento a través de las generaciones para las tres dietas pero en la dieta Testigo es significativa la diferencia entre la generación 3 y 4 al disminuir en un 30%, mientras que en la dieta Albúmina no hay diferencia significativa a pesar de que es evidente el aumento de 6 crías de la generación 1 a la 2 lo que corresponde a un 31%. Finalmente en la dieta con plasma porcino es significativa la diferencia entre la generación 1 y 4 ya que hay un aumento de 8 crías (32%) a pesar de que en la generación 4 hubo 2 hembras que no fueron preñadas.

CUADRO 4. PROMEDIO DE CRÍAS AL DESTETE EN CADA GENERACIÓN

Dieta	Generación				Significancia
	1	2	3	4	
n	5	5	5	5	
Testigo	18.6 ^{ab} +/- 2.6	21.0 ^{ab} +/- 6.9	24.6 ^a +/- 2.6	17.2 ^b +/- 3.9	0.0807
Albúmina	13.4 ^a +/- 6.5	19.4 ^a +/- 4.1	19.2 ^a +/- 6.5	21.2 ^a +/- 7.1	0.2524
Plasma	17.4 ^a +/- 6.3	23.2 ^{ab} +/- 3.4	24.0 ^{ab} +/- 6.6	25.7 ^b +/- 5.2	0.1548

n es el número de jaulas

a, b = Valores medios en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

En los diagramas 1, 2 y 3 se presentan los resultados de crías al destete para cada dieta de acuerdo al diseño experimental que se siguió basado en el cruzamiento de mínima consanguinidad.

DIAGRAMA 1. CRÍAS AL DESTETE EN LA DIETA TESTIGO

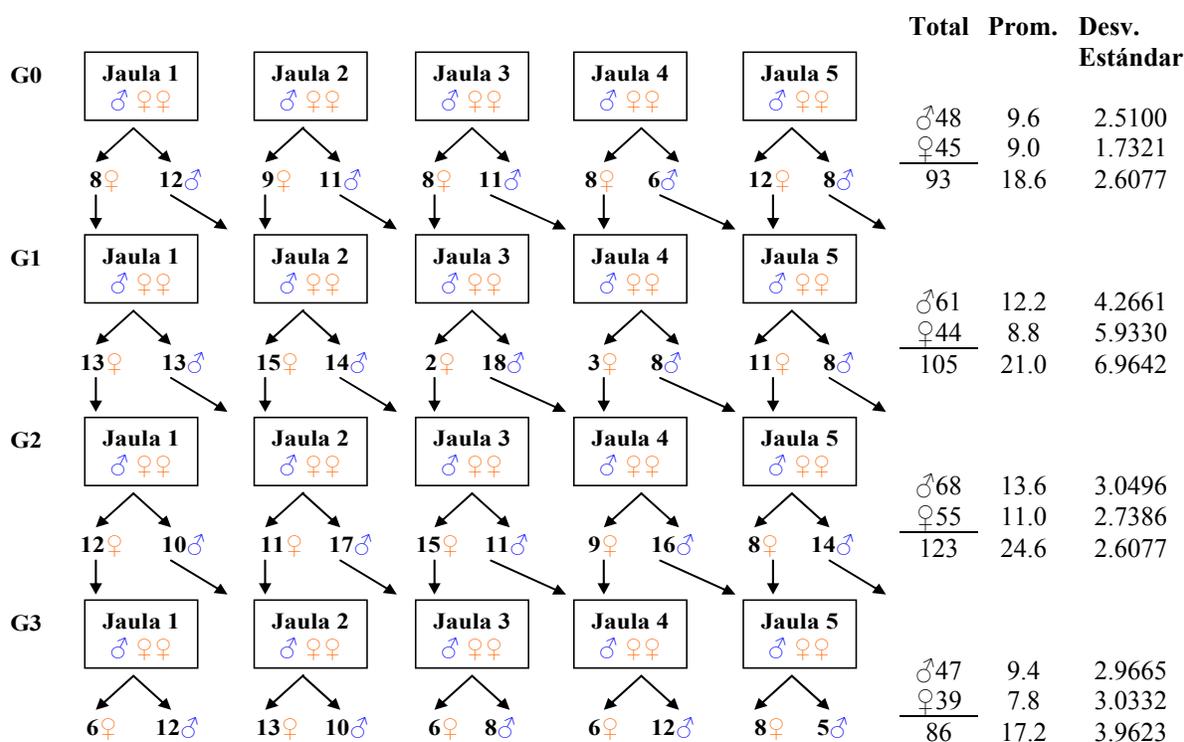


DIAGRAMA 2. CRÍAS AL DESTETE EN LA DIETA ALBÚMINA

					Total	Prom.	Desv. Estándar	
G0	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	2♀ 3♂	5♀ 9♂	11♀ 10♂	8♀ 10♂	5♀ 4♂	♂36	7.2	3.4205
						♀31	6.2	3.4205
					67	13.4	6.5038	
G1	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	9♀ 9♂	9♀ 9♂	12♀ 12♂	13♀ 10♂	7♀ 7♂	♂47	9.4	1.8166
						♀50	10.0	2.4495
					97	19.4	4.0988	
G2	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	3♀ 17♂	8♀ 4♂	13♀ 13♂	16♀ 9♂	9♀ 4♂	♂47	9.4	5.6833
						♀49	9.8	4.9699
					96	19.2	6.5345	
G3	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	5♀ 9♂	7♀ 9♂	15♀ 17♂	10♀ 14♂	12♀ 8♂	♂57	11.4	3.9115
						♀49	9.8	3.9623
					106	21.2	7.1554	

DIAGRAMA 3. CRÍAS AL DESTETE EN LA DIETA PLASMA

					Total	Prom.	Desv. Estándar	
G0	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	12♀ 12♂	10♀ 9♂	11♀ 8♂	8♀ 10♂	4♀ 3♂	♂42	8.4	3.3615
						♀45	9.0	3.1623
					87	17.4	6.2690	
G1	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	12♀ 13♂	9♀ 11♂	18♀ 10♂	10♀ 13♂	10♀ 10♂	♂57	11.4	1.5166
						♀59	11.8	3.6332
					116	23.2	3.4205	
G2	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	12♀ 11♂	17♀ 10♂	4♀ 11♂	16♀ 17♂	12♀ 10♂	♂59	11.8	2.9496
						♀61	12.2	5.1186
					120	24.0	6.6332	
G3	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5			
	20♀ 9♂	14♀ 14♂	12♀ 16♂	8♀ 10♂	Las hembras no fueron preñadas	♂49	12.25	3.3040
						♀54	13.5	5.0000
					103	25.75	5.1881	

En los diagramas se observa que para las tres dietas en general a través de las generaciones existe una tendencia al incremento en el número de crías. Esto es resultado del diseño experimental de cruzamiento y el criterio de selección empleados ya que en cada generación se eligieron los individuos de mayor peso para procrear la siguiente generación.

6.2 PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

6.2.1 Peso al destete

En el cuadro 5 se observa que tanto los machos como las hembras de la dieta Testigo registraron un mayor peso promedio al destete que los de la dieta Albúmina mientras que los ratones de la dieta Plasma registraron menor peso pero fueron más ratones, sin embargo la dieta no tiene un efecto significativo sobre el peso al destete ni en machos ($P=0.2278$) ni en hembras ($P=0.1518$).

CUADRO 5. EFECTO DE LA DIETA SOBRE EL PESO PROMEDIO AL DESTETE

	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
n	20	20	19	
Machos	12.34 +/- 2.1	11.48 +/- 2.3	11.14 +/- 2.2	0.2278
Hembras	10.87 +/- 1.5	10.32 +/- 2.2	9.71 +/- 1.7	0.1518

n es el número de jaulas

6.2.2 Peso a las 9 semanas

En el cuadro 6 se presentan el peso promedio de los ratones a las 9 semanas de edad que es cuando llegan a la madurez sexual. Se observa que hay un efecto significativo entre la dieta y el peso de los machos a esta edad ya que a pesar de que los ratones macho de la dieta con plasma registraron un peso menor que los de las otras dietas al cumplir nueve semanas de edad no solo igualan el peso de los ratones de las otras dietas sino que lo superan

en 1.5 gramos aproximadamente. Es significativa la diferencia el peso de los machos de la dieta Albúmina y los de la dieta con plasma coagulado. Con respecto a las hembras no hay un efecto significativo de la dieta sobre el peso a las 9 semanas ya que éstos son similares en las tres dietas. En este estudio se registraron pesos mayores tanto en machos como en hembras a los reportados en la literatura por Rugh (1990) a los 2 meses de edad (8 semanas) donde los machos pesan en promedio 27.8 gramos en tanto que las hembras pesan a la misma edad 22.4 gramos.

CUADRO 6. EFECTO DE LA DIETA SOBRE EL PESO PROMEDIO A LAS 9 SEMANAS DE EDAD

	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
n	20	20	19	
Machos	33.77 ^{ab} +/- 1.7	33.24 ^a +/- 1.9	34.85 ^b +/- 3.1	0.0983
Hembras	27.20 ^a +/- 1.9	26.75 ^a +/- 1.8	26.76 ^a +/- 2.2	0.7208

n es el número de jaulas

a, b = Valores medios en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

6.2.3 Efecto de la dieta sobre la ganancia de peso promedio, consumo de alimento promedio y conversión alimenticia promedio en ratones macho

En el cuadro 7 se presentan los resultados de las cuatro generaciones de machos. En todas las dietas se tuvieron cinco jaulas. Excepto en la generación 4 donde en la dieta con plasma fueron sólo cuatro jaulas.

En la generación 1, 2 y 3 no se observó un efecto significativo de la dieta sobre la ganancia de peso, el consumo de alimento o la conversión alimenticia. Sin embargo los resultados concuerdan con Thomson et al. (1994) ya que es mayor la ganancia de peso en la primera semana que en la segunda, así mismo se observa que en la segunda semana postdestete la conversión alimenticia ya no es tan eficiente pero aún así con la dieta con plasma se tiene un mejor conversión del alimento.

En la generación 4 hay un efecto significativo de la dieta sobre la ganancia de peso en la semana 1 postdestete, con la dieta Testigo los animales ganaron casi tres gramos de peso más que con la dieta Albúmina. Mientras que entre la dieta Testigo y la dieta con plasma coagulado no hay diferencia significativa. Con respecto al consumo de alimento y la conversión alimenticia no hay efecto significativo de la dieta a una $P \geq 0.05$.

Los valores de conversión alimenticia en ratones macho reportados por Thomson y colaboradores (1994) para una dieta con 8% de plasma porcino secado por spray son 3.41 y 4.19 para la semana 1 y 2, respectivamente; mientras que los valores obtenidos utilizando plasma porcino coagulado fueron 1.92 y 3.80, 2.30 y 3.38, 2.14 y 2.46, 1.80 y 4.75, para la generación 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Por lo que en general con la adición de 8% de plasma porcino coagulado se obtuvieron valores menores de conversión alimenticia. Esto se debe a que ellos suponen que el desperdicio de alimento es mínimo y nunca lo toman en cuenta.

**CUADRO 7. EFECTO DE LA DIETA SOBRE LA GANANCIA DE PESO,
CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA
EN RATONES MACHO**

Generación 1	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
Ganancia de peso, g				
Semana 1	9.52 ^a	9.46 ^a	8.92 ^a	0.5990
Semana 2	4.90 ^a	3.86 ^a	6.16 ^a	0.2160
Consumo de alimento, g				
Semana 1	16.28 ^a	13.48 ^a	16.58 ^a	0.1461
Semana 2	23.08 ^a	19.14 ^a	21.54 ^a	0.1211
Conversión alimenticia				
Semana 1	1.74 ^a	1.42 ^a	1.92 ^a	0.1868
Semana 2	8.64 ^a	5.24 ^a	3.80 ^a	0.4426
Generación 2				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	10.02 ^a	10.94 ^a	9.48 ^a	0.4462
Semana 2	4.38 ^a	4.46 ^a	6.98 ^a	0.1196
Consumo de alimento, g				
Semana 1	27.72 ^a	23.84 ^a	21.54 ^a	0.2900
Semana 2	24.32 ^a	22.34 ^a	22.42 ^a	0.5768
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.92 ^a	2.20 ^a	2.30 ^a	0.3020
Semana 2	8.24 ^a	5.98 ^a	3.38 ^a	0.2022
Generación 3				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	5.12 ^a	6.76 ^a	5.78 ^a	0.2413
Semana 2	8.38 ^a	7.80 ^a	8.72 ^a	0.3342
Consumo de alimento, g				
Semana 1	11.58 ^a	17.18 ^a	12.18 ^a	0.1361
Semana 2	20.56 ^a	24.22 ^a	21.54 ^a	0.3461
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.30 ^a	2.46 ^a	2.14 ^a	0.4794
Semana 2	2.48 ^a	3.16 ^a	2.46 ^a	0.2125
Generación 4				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	9.12 ^a	6.34 ^b	8.07 ^{ab}	0.0345
Semana 2	4.74 ^a	6.98 ^a	5.15 ^a	0.1304
Consumo de alimento, g				
Semana 1	18.50 ^a	12.52 ^a	14.87 ^a	0.1067
Semana 2	22.44 ^a	19.12 ^a	21.33 ^a	0.4866
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.02 ^a	1.96 ^a	1.80 ^a	0.5634
Semana 2	5.18 ^a	2.92 ^a	4.75 ^a	0.1748

a, b = Valores medios en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

6.2.4 Efecto de la dieta sobre la ganancia de peso promedio, consumo de alimento promedio y conversión alimenticia promedio en ratones hembra

En el cuadro 8 se muestran los resultados de las cuatro generaciones de hembras. En todas las dietas se tuvieron cinco jaulas. Excepto en la generación 4 donde en la dieta con plasma fueron sólo cuatro jaulas.

En la generación 1 se observa que la dieta no tiene un efecto significativo en la ganancia de peso en la primera semana postdestete mientras que en la segunda semana es significativa la diferencia en la ganancia de peso entre la dieta con albúmina y la dieta con plasma coagulado con la cual los ratones ganaron en promedio más de dos gramos más de peso. En cuanto al consumo de alimento y la conversión alimenticia no se observó un efecto significativo de la dieta sobre estos parámetros.

En la generación 2 se observaron resultados similares que en la generación 1 ya que la dieta tampoco tuvo un efecto significativo en la ganancia de peso en la primera semana postdestete mientras que en la segunda semana sí se observó un efecto significativo de la dieta ya la ganancia de peso de los ratones de la dieta Plasma fue mayor que en las otras dietas. Con respecto al consumo de alimento en la semana 1 no fue significativo el efecto de la dieta no así en la semana 2 donde fue significativa la diferencia entre la dieta Testigo y la dieta con albúmina de huevo. Mientras que no hubo diferencia entre la dieta Testigo y la dieta con plasma de cerdo.

En la generación 3 se observa que la dieta no tiene un efecto significativo en la ganancia de peso en la primera semana postdestete mientras que en la segunda semana es significativa la diferencia en la ganancia de peso entre la dieta con albúmina y la dieta Testigo con la cual los ratones ganaron en promedio más de dos gramos más de peso. En cuanto al consumo de alimento y la conversión alimenticia no se observó un efecto significativo de la dieta sobre estos parámetros.

CUADRO 8. EFECTO DE LA DIETA SOBRE LA GANANCIA DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN RATONES HEMBRA

Generación 1	Dieta			Significancia
	Testigo	Albúmina	Plasma	
Ganancia de peso, g				
Semana 1	8.00 ^a	7.28 ^a	7.16 ^a	0.2413
Semana 2	3.68 ^{ab}	2.18 ^a	4.82 ^b	0.1134
Consumo de alimento, g				
Semana 1	13.78 ^a	16.98 ^a	13.74 ^a	0.4273
Semana 2	18.92 ^a	22.48 ^s	17.54 ^a	0.3901
Conversión alimenticia				
Semana 1	1.72 ^a	2.38 ^a	1.94 ^a	0.3580
Semana 2	5.56 ^a	1.46 ^a	4.00 ^a	0.5544
Generación 2				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	9.66 ^a	10.10 ^a	8.46 ^a	0.1390
Semana 2	2.52 ^a	2.96 ^{ab}	5.02 ^b	0.0713
Consumo de alimento, g				
Semana 1	26.16 ^a	19.38 ^a	20.06 ^a	0.0851
Semana 2	22.28 ^a	19.10 ^b	20.86 ^{ab}	0.1029
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.70 ^a	2.00 ^a	2.48 ^a	0.2648
Semana 2	20.80 ^a	7.32 ^a	4.62 ^a	0.1254
Generación 3				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	4.50 ^a	7.82 ^a	5.66 ^a	0.2493
Semana 2	7.78 ^a	4.04 ^b	6.64 ^{ab}	0.0859
Consumo de alimento, g				
Semana 1	10.96 ^a	11.74 ^a	11.66 ^a	0.8613
Semana 2	19.48 ^a	20.44 ^a	20.98 ^a	0.8041
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.52 ^a	1.86 ^a	2.04 ^a	0.2313
Semana 2	2.74 ^a	0.28 ^a	3.26 ^a	0.6344
Generación 4				
Ganancia de peso, g				
Semana 1	8.44 ^a	6.04 ^b	7.23 ^{ab}	0.0342
Semana 2	4.78 ^a	6.00 ^a	5.03 ^a	0.4063
Consumo de alimento, g				
Semana 1	19.38 ^a	14.76 ^b	16.53 ^{bc}	0.0096
Semana 2	21.50 ^a	22.26 ^a	20.37 ^a	0.8322
Conversión alimenticia				
Semana 1	2.34 ^a	2.54 ^a	2.33 ^a	0.8398
Semana 2	4.82 ^a	3.74 ^a	4.15 ^a	0.3309

a, b, c = Valores medios en la misma fila con letras diferentes en el superíndice denotan diferencia significativa a una $P \geq 0.05$

En la generación 4 se observa que la dieta tiene un efecto significativo en la ganancia de peso en la primera semana postdestete ya que los ratones ganaron más peso con la dieta testigo que con la dieta con albúmina de huevo, mientras que en la segunda semana no es significativa la diferencia en la ganancia de peso entre las dietas. En cuanto al consumo de alimento en la semana 1 se observó un efecto significativo de la dieta pues con la dieta testigo se registró una mayor cantidad de alimento ingerido. En la conversión alimenticia no se observó un efecto significativo de la dieta.

Los valores de conversión alimenticia en ratones hembra reportados por Thomson y colaboradores (1994) para una dieta con 8% de plasma porcino secado por spray son 4.50 y 4.89 para la semana 1 y 2, respectivamente; mientras que los valores obtenidos utilizando plasma porcino coagulado fueron 1.94 y 4.0, 2.48 y 4.62, 2.04 y 3.26, 2.33 y 4.15, para la generación 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Por lo que en general con la adición de 8% de plasma porcino coagulado se obtuvieron valores menores de conversión alimenticia.

Diversos autores han encontrado que una dieta para lechones con niveles de 6% de plasma porcino secado en spray (SDPP) incrementa la ganancia promedio de peso y de alimento ingerido en las dos primeras semanas postdestete y por debajo de este porcentaje se reduce la conversión alimenticia (Van Dijk et al., 2001).

No se observó un efecto significativo de la dieta sobre la conversión alimenticia en ninguna de las cuatro generaciones de ratones macho ni de hembras a una $P \geq 0.05$ de manera similar Thomson y colaboradores (1994) encontraron que la relación ganancia-alimento no fue afectada por el tratamiento para hembras ($P=0.82$), sin embargo, dicha relación en machos se incrementó linealmente ($P < 0.05$) con el incremento de los niveles de plasma en la dieta (4, 8 y 12% contra un control a base de leche descremada).

Así mismo Thomson et al. (1994) reportan que los ratones responden a una adición de SDPP de manera similar a la observada en cerdos y la máxima respuesta fue en machos a un nivel de 8% de adición durante la primera y segunda semana después del destete

mientras que para las hembras el máximo crecimiento ocurrió en la dieta con 10% de SDPP. Cabe mencionar que el estudio de Thomson es el único realizado en ratones pero no a través de generaciones.

En este estudio una de las dietas fue formulada con 8% de albúmina de huevo en polvo por lo que cabe mencionar que son pocos los estudios que se han realizado para utilizar productos de huevo secados por spray en dietas para cerdos destetados tempranamente ya que se han obtenido resultados contradictorios, por ejemplo, Zimmerman (1999) observó un decremento lineal en el crecimiento de cerdos destetados conforme el nivel de adición de los productos de huevo se incrementaba del 3 al 9%, pero otros autores no han podido demostrar tal efecto (Owen et al., 1993; James et al., 1999).

El interés por utilizar subproductos de huevo secados por spray tiene su fundamento en que estos productos generalmente contienen una gran proporción de albúmina de huevo, la cual tiene un excelente perfil de aminoácidos con un nivel relativamente alto de metionina comparado con el plasma porcino secado por spray (Kats et al., 1994; Owen et al., 1995).

En esta misma línea Schmidt et al. (2003) evaluó el valor nutricional de la albúmina grado técnico secado por spray (SDTA) con y sin almacenamiento a 70°C por tres días (SDTA-ht) y del huevo entero secado por spray (SDWE) en dietas para cerdos destetados tempranamente y concluyeron que la sustitución de plasma porcino por productos de huevo en dietas iniciadoras para cerdos no tuvo efecto ($P > 0.05$) sobre el consumo de alimento promedio. Además la ganancia de peso en cerdos alimentados con la dieta control de SDPP fue mayor ($P < 0.01$) que en las otras dietas que contenían subproductos de huevo y finalmente tanto la ganancia de peso como la relación Ganancia de peso:Consumo de alimento (G:F) fueron menores ($P < 0.05$) en las dietas con albúmina de huevo sin y con tratamiento térmico y el huevo entero secados por spray en comparación con la dieta con plasma porcino. Pero al investigar el efecto de la sustitución de plasma porcino con diferentes porcentajes de albúmina de huevo encontraron que la ganancia de peso, el consumo de alimento y la relación G:F disminuyeron linealmente conforme el nivel de

SDTA aumentaba en la dieta ($P < 0.05$) pero aún así el reemplazo de plasma porcino con 25% o 50% de albúmina de huevo no tuvo efecto sobre el desarrollo del lechón ($P > 0.10$), es decir, no se ve comprometido su crecimiento.

Owen et al. (1993) realizó un experimento para determinar la influencia de las proteínas de huevo secadas por spray como una proteína substituta de la harina de soya o del plasma porcino secado por spray en dietas iniciadoras para cerdos y concluyeron que las proteínas de huevo secadas por spray pueden reemplazar por lo menos del 6% de harina de soya y hasta un 3% de plasma porcino en dietas de la fase I del desarrollo.

Entonces si en una dieta la albúmina de huevo puede llegar hasta a reemplazar un porcentaje del plasma porcino quiere decir que su valor nutricional es comparable entre sí y que posiblemente por eso no se encontraron diferencias significativas en la conversión alimenticia entre la dieta Testigo, con albúmina de huevo y con plasma porcino coagulado ya que ninguna de ellas era deficiente desde el punto de vista nutricional.

Los resultados de este estudio sugieren que aunque no se encontró que la dieta Plasma proporcionará una mayor conversión alimenticia, al no existir diferencia significativa con la dieta Testigo se puede señalar que la dieta con proteínas plasmáticas proporciona todos los requerimientos nutricionales y que no se presentaron efectos negativos.

Además Van Dijk et al. (2001) después de realizar una revisión de 15 estudios publicados acerca de la utilización del plasma animal secado por spray menciono que éste es una fuente de proteína costosa y cuya inclusión en dietas para lechones tempranamente destetados requiere antes una evaluación económica por el contrario las proteínas plasmáticas porcinas coaguladas ofrecen un bajo costo, cualidad por demás importante al decidirse por una fuente de proteína alterna en la formulación de alimentos ya sea para alimentación animal como humana, así como otras ventajas en el aspecto nutricional ya mencionadas.

Por otro lado resultaría conveniente realizar más estudios donde se suministraran dietas con las distintas fracciones del plasma porcino coagulado, es decir, la albúmina, las globulinas, la fracción de bajo peso molecular y la fracción con inmunoglobulinas, para corroborar la hipótesis de algunos autores acerca de que el plasma al contener inmunoglobulinas activas provee de protección al animal que lo ingiere. En relación con esto Torrallardona, et al. (2002) han estudiado el uso del plasma como una alternativa a la medicación con antibióticos, como la colistina, en lechones recién destetados obteniendo efectos positivos por parte del plasma animal secado en spray.

7 CONCLUSIONES

- La dieta no tuvo efecto significativo sobre el número de hembras paridas ($P=0.2740$).
- El número de crías nacidas en la dieta Plasma fue mayor en comparación con las otras dietas aunque no representa una diferencia significativa ($P=0.5498$).
- El porcentaje de mortalidad en ratones alimentados con la dieta con plasma porcino fue de 1.76% en comparación al 2.44% de la dieta Testigo y 8.48% de los ratones que recibieron la dieta Albúmina.
- Existe un efecto significativo sobre el promedio de crías al destete, ya que con la dieta con plasma se destetaron en promedio en las cuatro generaciones 22 crías, con la dieta Testigo 20 crías y con la dieta Albúmina 18 crías.
- En todas las dietas se observó un incremento en el número de crías al destete a través de las generaciones.
- La dieta no tuvo efecto significativo sobre el peso promedio al destete de machos ($P=0.2278$) ni de hembras ($P=0.1518$).
- Hay un efecto significativo sobre el peso promedio de machos a las 9 semanas de edad (0.0983). Los ratones alimentados con la dieta con plasma porcino se alcanzaron un peso promedio de 34.85 g en comparación con 33.24 g de los ratones de la dieta Albúmina.
- No hay efecto significativo de la dieta sobre el peso promedio de las hembras a las 9 semanas de edad ($P=0.7208$).

- No se observó un efecto significativo de la dieta sobre la conversión alimenticia en ninguna de las cuatro generaciones de ratones macho ni de hembras.
- En la generación 4 de machos se observó un efecto significativo de la dieta sobre la ganancia de peso en la primera semana postdestete, con la dieta Testigo los animales ganaron casi tres gramos de peso más que con la dieta Albúmina. Mientras que entre la dieta Testigo y la dieta con plasma coagulado no hay diferencia significativa.
- En las hembras de la generación 1, 2 y 3 se observó un efecto significativo sobre la ganancia de peso en segunda semana postdestete. Registraron mayor ganancia de peso con la dieta testigo no habiendo diferencia entre esta y la dieta con plasma porcino coagulado.
- Es mayor la ganancia de peso en la primera semana que en la segunda semana postdestete.
- La conversión alimenticia es mejor en la primera semana que en la segunda semana postdestete.
- Es posible incorporar 8% de proteínas plasmáticas coaguladas porcinas en una dieta para ratones sin afectar la conversión alimenticia, y obteniendo un mayor número de crías nacidas así como un menor porcentaje de mortalidad entre la población.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Autio, K. and Mietsch, F. 1990. Heat-induced gelation of myofibrillar proteins and sausages: Effect of blood plasma and globin. *J. Food Sci.* 55:6 1494-1509.
- Caldironi, H. A. and Ockerman H. W. 1982. Bone and plasma protein extracts in sausages. *J. Food Sci.* 47: 1622-1625.
- Caldironi, H. A. and Ockerman H. W. 1982. Incorporation of blood proteins into sausages. *J. Food Sci.* 47: 405-408.
- Carpenter, K.J. 1960. The estimation of the available lysine in animal-protein foods. *Biochem J.* 77 (3) : 604-610.
- Cheftel, J. C. 1989. Proteínas alimentarias. Ed. Acribia, Zaragoza, España, pág. 221-232.
- Díaz, R; Landero, I. M. ; Montero, D., Casaciego, A. ; Alfonso, M y Cortés M. 2001. Utilización de un precipitado proteico de plasma equino en la elaboración de panqué. *ALIMENTARIA*. Marzo. pp. 109-111.
- Drew, M.D., Owen, B.D. 1988. The provision of passive immunity to colostrum-deprived piglets by bovine or porcine serum immunoglobulins. *Can. J. Anim. Sci.*, 68: 1277-1284
- Gatnau, R. Mateos, G.G. 1995. Utilización de proteínas plasmáticas de origen porcino en dietas para lechones. XI Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España.
- Gatnau R., D.R. Zimmerman, et.al. 1991. Determination of optimum levels of inclusion of spray-dried porcine plasma (SDPP) in diets for weanling pigs in practical conditions. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1):60 (Abstr.).
- Gatnau R., et.al. 1991. Determination of optimum levels of spray-dried porcine plasma (SDPP) in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):103 (Abstr.).
- Gatnau R., Cain C., Drew M., Zimmerman D. 1995. Mode of action of spray-dried porcine plasma in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1) 82.
- Godfredson-Kisic, J.A.; Johnson, D.E. 1997. A bioassay used to identify the active fraction of spray-dried plasma. *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1).

- Gomez, G.G. et.al. 1998. Effect of immunoglobulin source on survival, growth, and hematological and immunological variables in pigs. *J. Anim. Sci.*, 76:1-7
- Gurtler, H; Ketz, H. A; Kolb, E. y Schroder, L. 1987. *Fisiología veterinaria*. Vol 1. Ed. Acribia, Zaragoza, España. pp. 420-494.
- Hansen, J.A., R.D. Goodband, J.L. Neelsen, et.al. 1991a. Effect of substituting spray-dried porcine plasma protein for milk products in starter pig diets. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):103(Abstr.).
- Hansen, J.A., J.L. Neelsen, and R.D. Goodband, , et.al. 1991b. Evaluation of plasma proteins and meat extract as replacement protein sources for dried skim milk in swine starter diets. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):372(Abstr.).
- Haurowitz, F. 1963. *Introducción a la Bioquímica*. Ediciones Omega. España. pp. 218-224.
- Hinojosa, S. y López, P. 1981. Obtención de plasma sanguíneo de bovinos y porcinos y su empleo en la fortificación de pastas alimenticias. Tesis profesional. Facultad de Química. UNAM.
- Howell, N. K. and Lawrie, R. A. 1983. Functional aspects of blood plasma proteins I. Separation and characterization. *J. Food Tech.* 18: 747-762.
- Howell, N. K. and Lawrie, R. A. 1984. Functional aspects of blood plasma proteins II. Gelling properties .*J. Food Tech.* 19: 289-295.
- Howell, N. K. and Lawrie, R. A. 1984. Functional aspects of blood plasma proteins III. Interaction with other proteins and stabilizers .*J. Food Tech.* 19: 297-313.
- Howell, N. K. and Lawrie, R. A. 1985. Functional aspects of blood plasma proteins IV. Elucidation of the mechanism of gelation of plasma and egg albumin proteins. *J. Food Tech.* 20: 489-504.
- Hsu, W.H., Vavak,D.L., et.al. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.* 42 (5) : 1269-1273.
- Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. 1999. *Composición de Alimentos Mexicanos*. CD ROM. Edición: Morales de L. J; Babinski V; Burges R. H; Camacho P. Ma. E. México.

- Kats, L.J., et. al. 1994. The effect of spray-dried porcine plasma on growth performance in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.*, 72: 2075-2081.
- Knapp, F. W. Schmidt, R.H. Mauldin, W. J. and Ahmed, E. M. 1978 Evaluating cheese like emulsions from animal blood proteins and whey solids. *J. Food prot.* 41: 257-258.
- Lamb, J.F., et.al. 1988. *Fundamentos de fisiología*. Ed. Acribia. Zaragoza. España. pp. 90.
- Macedo, L. S. 2004. Posibilidades de las albúminas y globulinas del plasma animal en la formulación de hamburguesas. Tesis profesional. Facultad de Química. UNAM.
- Merrick's® The Dry Fat and Animal Nutrition Specialists (1992). MP722 Spray Dried Animal Plasma. Merrick's Inc. Po Box 620307. Middleton, WI 53562-0307.
- Morilla, G. A. Control inmunológico de la diarrea de los cerdos lactantes, en línea, internet, 23 de noviembre de 2006, disponible en <http://www.fm vz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CvVol15/CVv5c5.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSAI-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
- Ockerman, H. W. y Hansen, C. L. 1994. *Industrialización de subproductos de origen animal*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 239-263.
- Pérez Gavilán–E.J.P. 2001. Patente “Procedimiento para la recuperación de proteínas de la sangre de cerdo y su conservación”. Expediente PA/a/2001/008957 registrado en el I.M.P.I.
- Putnam, F.W. 1975. *The Plasma Proteins*. Vol. 4. Academic Press, New York. USA.
- O'Riordan, D. Mulvihill D. M. Morrissey P. A. and Kinsella J. E. 1989. Study of the molecular forces involved in the gelation of plasma proteins at alkaline pH. *J. Food Sci.* 54:5 1202-1205.
- Owen, K.Q., J.L. Nelssen, M.D. Tokach, et.al. 1993. Spray-dried egg protein in diets for early-weaned starter pigs. *Swine Day*. SRP695. pp. 50-53

- Owen, K.Q., Nelssen, J.L. et.al. 1995. Effects of various fractions of spray-dried porcine plasma on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):81
- Pierce, J.L. Cromwell, G.L. et.al. 1995. Assessment of three fractions of spray-dried porcine plasma on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):81
- Recommended Dietary Allowances (RDA). 1989. 10^a Edition. National Academy Press. U.S.A. pp. 67.
- Rooke, J.A. Bland, I.M. 2002. The acquisition of passive immunity in the newborn piglet. *Livestock Production Science*, 78:13-23.
- Rugh, Roberts. 1990. *The mouse: Its reproduction and development.* Oxford University. pp. 2-6
- Sánchez Vizcaíno, J.M.: Curso de introducción a la inmunología porcina, en línea, internet 15 diciembre de 2004, disponible <http://www.sanidadanimal.info/inmuno/cuarto1.htm>
- Satterlee, L. D. 1975. Improving utilization of animal by-products for human foods- a review. *J. Animal Sci.* 41:2, 687-697.
- Satterlee, L. D. Free, B. and Levin, E. 1973. Utilization of high protein tissue powders as a binder/extender in meat emulsions. *J. Food Sci.* 38: 306-312.
- Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA datos del año 2005, México, en línea, internet 5 de octubre de 2006, disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx>
http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuapec04.html
- Schmidt, L.S; Nyachoti, C.M; Slominski, B.A. 2003. Nutritional evaluation of egg byproducts in diets for early-weaned pigs. *J.Anim. Sci.* 81: 2270-2278
- Smith, J.W.; Richert, B.T.; Nessmith, W.B., et.al. 1995. The effect of spray-dried plasma source on starter pig performance. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1) 80.
- Sohn, K.S., et al. 1991. Plasma protein as an alternative protein source for early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):362 (Abstr.).
- *The mouse in biomedical research.* 1983. Editado por Henry L. Foster, et.al. Academic Press. Vol. 3. Capítulo 9.

- Thomson, J. E., et. al. 1994. Effect of Spray Porcine Plasma Protein on Feed Intake, Growth Rate, and Efficiency of Gain in Mice. *J. Anim. Sci.*, 72:2690-2695.
- Thomson J.E., Jones E.E., Koger J.B, Eisen E.J. 1994. Growth responses of mice of porcine plasma proteins. *J. Anim. Sci.* Vol. 72, Suppl. 1: 214
- Torrallardona, D., et. al. 2002. Use of spray dried animal plasma as an alternative to antimicrobial medication in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 99:119-129
- Tybor, P. T., Dill, C. W. and Landmann, W. A. 1975. Functional properties of proteins isolated from bovine blood by a continuous pilot process. *J. Food Sci.* 40:155-159. B
- Valdés, R.D. 1998. Recuperación de las proteínas del plasma de sangre de cerdo, conservación e incorporación en queso tipo manchego. Tesis profesional. Facultad de Química. UNAM.
- Van Dijk, A.J, et.al. 2001. Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review. *Livestock Production Science*, 68:263-274
- Weaver, E.M., Russell, L.E, Drew, M.D. 1995. The effect of spray-dried animal plasma fractions on performance of newly weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):81
- Weir, M. D. *Inmunología*. Ed. El Manual Moderno. 2ª edición. México. D.F. 1995. pp. 46-73
- World Animal Science, C2. Laboratory animals. Laboratory animal models for domestic animal production. 1986. Elsevier Science Publishers B.V.
- Young, C. R; Lewis, R. W; Landmann, W. A. and Dill, C. W. 1973. Nutritive value of globin and plasma protein fractions from bovine blood. *Nutr. Rep. Rep. Intl.* 8: 211-215.

9 APENDICE

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-116-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN ALIMENTOS POR TRATAMIENTO TÉRMICO. MÉTODO POR ARENA O GASA.

La determinación de humedad en los alimentos es de suma importancia, ya que un elevado contenido de ésta influye en la velocidad de multiplicación de los microorganismos, provocando su descomposición y por lo tanto la pérdida de la calidad sanitaria.

FUNDAMENTO

Este método se basa en que al añadir arena o gasa, se incrementa la superficie de contacto y la circulación del aire en la muestra, favoreciéndose así la evaporación durante el tratamiento térmico.

REACTIVOS Y MATERIALES

Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada.

Sílica gel con indicador de humedad.

Arena de mar purificada con ácido y calcinada (tamaño de partícula, 0,1 a 0,3 mm) o gasa.

Agua.

Materiales

Desecadores con placa.

Cápsulas de níquel, aluminio o vidrio de 20 mm de altura y 50 mm de diámetro, con tapa de 52 mm de diámetro por 6 mm de altura y base cóncava o plana según se requiera.

Varillas de vidrio de 4 mm de diámetro.

Pinzas para crisol.

Material común de laboratorio.

Balanza analítica con $\pm 0,1$ mg de sensibilidad.

Estufa con termostato para mantener una temperatura de 100 ± 2 °C.

PREPARACIÓN DEL MATERIAL

En las cápsulas de níquel, aluminio o vidrio colocar 30g de arena como máximo ó un trozo de gasa que cubra el fondo de la cápsula y una varilla de vidrio de longitud apropiada para reposar oblicuamente en la cápsula de tal manera que impida el tapado de ésta. Secar previamente (cápsula, arena o gasa varilla y tapas) durante dos horas a 100 ± 2 °C, taparlas e introducir en un desecador, dejar enfriar a temperatura ambiente, pesar con precisión de 0.1mg (M1).

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Justo antes de tomar la muestra, Homogenizarla bien, si es necesario, colocar en el envase original en baño maría a 40°C para poner en suspensión los componentes que hayan podido separarse (por ejemplo grasa y fibras).

PROCEDIMIENTO

Colocar en la cápsula preparada una cantidad de producto inferior a 10g, volver a tapar la cápsula , pesar con precisión de 0.1mg . (masa M2).

Para que cumpla con el grado de precisión, se recomienda usar una cantidad de muestra superior a 1g , y en los productos heterogéneos utilizar de 3 a 5 veces más)

Después de pesar, mezclar bien la muestra con la arena, si es necesario añadir unos mililitros de agua destilada, lo cual facilita una mezcla uniforme.

Si la muestra lo requiere, evaporar a sequedad sin tapa, por medio de un baño maría o placa a una temperatura máxima de 100°C (evitar la pérdida de sustancia y arena).

Introducir en la estufa las cápsulas con la muestra previamente evaporada chocar las tapas de tal manera que al final del tiempo de secado pueda taparse rápidamente la cápsula, meter

en la estufa a 100 +2°C durante 4 horas, posteriormente tapar las cápsulas y meterlas a enfriar en el desecador a temperatura ambiente, pesar inmediatamente con precisión de 0.1mg (masa M3).

MÉTODO DE CÁLCULO (expresado en porcentaje)

$$\text{Humedad \%} = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

En donde:

M1 = Peso de la cápsula con arena o gasa.(g)

M2 = Peso de la cápsula con arena ó gasa más muestra húmeda (g)

M3 = Peso de la cápsula con arena ó gasa más muestra seca (g)

<<<<nota: indicar el valor medio de la determinación por duplicado con un decimal>>>

GRADO DE PRECISIÓN.

La repetibilidad no debe exceder de 0.1g por 100g de muestra.