

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON SELENIO ORGÁNICO Y VITAMINAS E Y C EN DIETAS DE ENGORDE DE GANADO PORCINO SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.

(Effects of organic selenium and vitamin E and C supplementation in finishing diets on pork meat and carcass quality)

A. Muñoz; Ramis, G.; Pallarés, F.J.; Martínez, J.S.

Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación en la dieta de Vitamina E, selenio orgánico y Vitamina C sobre parámetros zootécnicos y relativos a la calidad de la canal y de la carne.

Se estudiaron los parámetros relativos a 787 animales con genotipo comercial (Pix(PixLw))x(LrxLw), a 497 de los cuales se les adicionó en su dieta Se orgánico (0,1 ppm) y Vitamina E (144 U.I./kg), desde los 20 kg. de peso hasta el sacrificio y Vitamina C (670 ppm) desde los 80 kg. de peso hasta el sacrificio, mientras 290 animales del mismo genotipo y camadas actuaron como control. Se diseñó un modelo estadístico de análisis multifactorial donde se estimaron los efectos del sexo, padre, tratamiento, así como las interacciones que se establecen entre los mismos, sobre las siguientes variables: Conductividades Eléctricas en el músculo Semimembranosus a los 30 minutos y 2 horas post-sacrificio (CE-1, CE-2), mediando un enfriamiento rápido de las canales entre estas dos medidas, así como el pH a las 2 horas post-sacrificio (pH-2). Los parámetros productivos estudiados son: porcentaje de bajas, ganancia media diaria e índice de conversión. En cadena de sacrificio se midieron el porcentaje de magro. Los resultados obtenidos indican una mejora de los caracteres productivos, así como un efecto estadísticamente significativo del sexo ($P<0,0001$), padre ($P<0,001$) sobre CE-1, mientras que CE-2 se afectaba por el tratamiento ($P<0,05$), el sexo ($0,05$) y el padre ($P<0,001$).

Igualmente se marcaron las carnes procedentes de los dos grupos de animales y se dispensaron en la carnicería de una gran superficie, recogiendo posteriormente mediante encuestas vía telefónica la evaluación realizada por 290 consumidores que compraron algún tipo de carne proveniente de estos animales sobre caracteres como jugosidad, olor-aroma, color, ternura y nivel de satisfacción; la carne procedente de animales tratados presentó diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$) a su favor en los caracteres de ternura y nivel de satisfacción.

Palabras clave: fibra muscular, (α -tocoferol, conductividad eléctrica, porcentaje de magro, carnes P.S.E., antioxidantes

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effect of a supplement of vitamin E, selenium yeast and vitamin C on zootechnical parameters as well as meat and carcass quality.

Seven hundred and eighty seven (787) pigs from a commercial genotype ((Pietrain x (Pietrain x Large White)) x (Landrace x Large White)), were assigned to either a control (290 animals) or a treatment (497 animals) group. Pigs were slaughtered at an average live weight of 100 kg. Vitamin E (144 U.I./kg) and selenium yeast (0,1 ppm) were fed when animals reached 20 kg to slaughter, and vitamin C (670 ppm) from 80 kg to slaughter. A multifactorial statistical analysis that took into account sex, treatment, father, sex * father, sex * treatment, treatment * father and sex * treatment * father, was developed to assess the following variables: electrical conductivity of the *Semimembranosus* muscle 30 minutes post mortem and electrical conductivity and pH two hours postmortem. Whereas only sex ($P<0,0001$), father ($P<0,001$) affected electrical conductivity at 30 minutes, electrical conductivity at 2 hours postmortem was affected by sex ($P<0,002$), treatment ($P<0,01$), father ($P<0,0001$), and sex * treatment ($P<0,07$). pH was only affected by father ($P<0,0001$). A follow up survey was performed on 290 family units to evaluate meat quality for the following organoleptic characteristics: juiciness, flavor, color, tenderness and general level of satisfaction. Consumer judged meat obtained from treated animals as superior ($P<0,05$) for juiciness and general level of satisfaction.

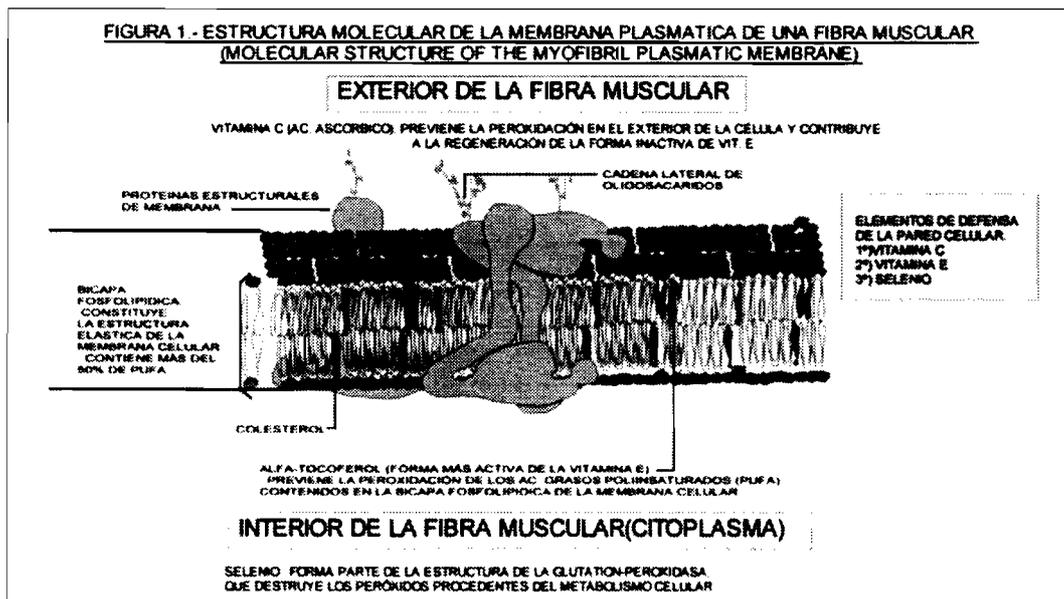
Keywords: miofibrille, (α -tocopherol, electrical conductivity, meat percent, P.S.E. meats, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de oxidación de la grasa y los fenómenos de exudación son las principales alteraciones de la carne de cerdo durante la exposición y almacenamiento a bajas temperaturas, provocando un gran número de efectos desfavorables y poco deseables como la pérdida de intensidad del color natural, olores y sabores anormales y reacciones de los productos de oxi-

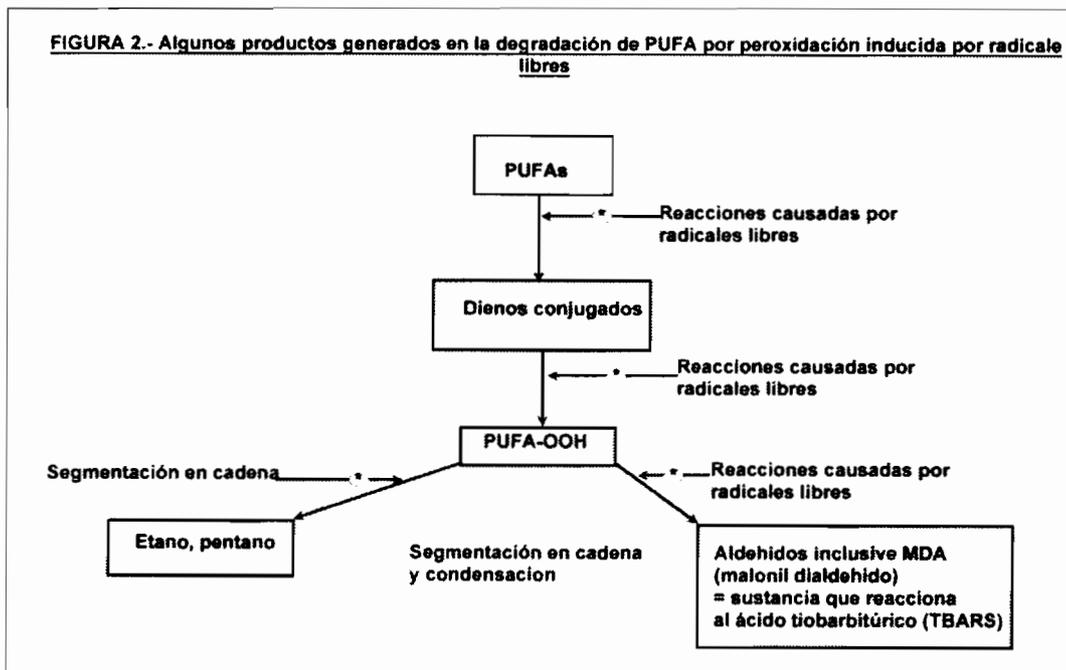
dación con proteínas, todos ellos con consecuencias negativas sobre el consumidor (Gray y Pearson, 1987; Blaxter y Webster, 1991)

Recientemente y en multitud de publicaciones viene apuntándose la posibilidad de utilización de antioxidantes naturales para evitar o minimizar el deterioro de la membrana fosfolipídica de las células, (Meyer et al., 1981; Ashgar et al., 1989; Buckley y Monahan, 1994; Mahan, 1994; Isabel et al., 1995).



La vitamina E (α -tocoferol) es el antioxidante biológico liposoluble más importante. Se acumula en la capa doble de fosfolípidos de las membranas celulares y subcelulares (p.e. mitocondrial y endoplasmática reticular), tal y como aparece en la Figura 1. Estas capas dobles fosfolipídicas de las membranas biológicas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que hacen que las membranas sean elásticas y fluidas. La peroxidación de los PUFA implica la destrucción de sus enlaces dobles, lo cual reduce su viscosidad y conduce a una pérdida de elasticidad de la membrana. Dado que el α -tocoferol puede prevenir la peroxidación de los PUFA, es esencial para la estructura normal de las membranas. También previene el daño oxidativo de proteínas integrales de membrana, muchas de las cuales sirven para transportar los nutrientes al interior de

las células. Las membranas biológicas están generalmente expuestas a ataques químicos de radicales libres (p.e. moléculas altamente reactivas o centros de moléculas que poseen un electrón desapareado) que favorecen la peroxidación de los PUFA. Los radicales de oxígeno son de especial interés porque provienen del metabolismo normal. Al mismo tiempo, estos radicales pueden ser peligrosos dado que inician reacciones en cadena de peroxidación de PUFA. Este estado ha sido denominado estrés oxidativo (Sies, 1986). El α -tocoferol sirve para interrumpir la reacción en cadena mediante la intercepción de los radicales de oxígeno, en particular de los radicales de superóxido (Halliwell y Gutteridge, 1987). Algunos aspectos de la reacción en cadena de la peroxidación de PUFA inducida por radicales libres se muestran en la Figura 2.



Al comienzo del proceso se originan dienos conjugados que son de corta duración y difíciles de detectar; al final del proceso se generan otros subproductos fácilmente detectables (gases de hidrocarburo, etano y pentano; sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico (TBARS), inclusive el malonildialdehído). El etano es producto de la segmentación en cadena de ácidos grasos omega 3 (p.e. ácido linoléico); el pentano es producido de modo similar de ácidos grasos omega 6 (p.e. ácido linoléico). Los TBARS son productos de segmentación de cadena corta de PUFA hidroxí.

Según NRC (1988), en cerdos, existe una gran variedad de estados patológicos ligados a deficiencias en vitamina E, entre éstos cabe citar la degeneración de la musculatura esquelética y cardíaca, lesiones vasculares trombóticas degenerativas, paraqueratosis gástrica, úlceras gástricas, anemia, necrosis hepática, decoloración amarilla del tejido graso y muerte súbita.

La relación entre la ingestión de vitamina E y el α -tocoferol en el plasma y los eritrocitos de cerdos destetados fue investigada por Hoppe y Schöner (1991), encontrando altas correlacio-

nes, igualmente estas medidas pudieron correlacionarse con concentraciones tisulares de α -tocoferol en el músculo L. dorsi, corazón, hígado y grasa del lomo, presentando una relación estrecha con el logaritmo de la vitamina E suplementada al alimento.

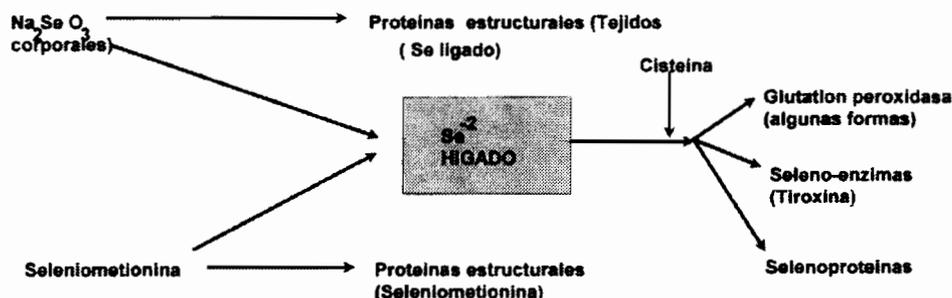
Duthie y Arthur (1988) demostraron que concentraciones elevadas de α -tocoferol conducen a una mejora significativa de la protección antioxidativa, comprobándolo mediante la medida de producción de etano y pentano in vitro del homogeneizado del músculo L. dorsi de cerdos sensibles (Hal+) y resistentes (Hal-) al estrés.

Hoppe et al. (1989) demostraron igualmente la reducción significativa de sustancias que reaccionan frente al ácido tiobarbitúrico (TBARS) en cerdos alimentados con suplementos de vitaminas E y C frente a los controles, después del transporte o de una contracción muscular inducida farmacológicamente, con lo que se evidenciaba un efecto frente a la peroxidación de lípidos.

Por último, el selenio, y más concretamente el Se en formato orgánico, cuya digestibilidad se ha demostrado menor y consiguientemente

FIGURA 3.- Vías generales de utilización del Selenio y su incorporación en selenoproteínas tisulares según provenga de fuentes orgánicas o inorgánicas (General ways of Selenium use and the formation of selenoproteins from organic and inorganic sources)

(Adaptado de Olson y Palmer, 1976; Burk y Hill, 1993)



con una capacidad mayor de ser retenido en el cerdo (Mahan, 1995), presenta un efecto antioxidante complementario a la vitamina E. Su papel radica en formar parte esencial de la glutatión peroxidasa GSH-Px, encargada de transformar los peróxidos que ya se han producido en alcoholes menos reactivos. Sin embargo, es importante citar que el Se no sólo ejerce su actividad biológica a través de la GSH-Px, sino que también forma parte estructural de otros compuestos, las selenoproteínas (Figura 3).

Todos estos precedentes nos llevaron a diseñar una experiencia que estudiara el efecto de las Vitaminas C (Ac. Ascórbico) y E (α -Tocoferol), así como de selenio en formato orgánico, sobre características de calidad de la carne de cerdo a fin de minimizar la exudación y los procesos de oxidación de la grasa de la misma. El problema de las carnes exudativas, o simplemente la estabilidad de la carne de cerdo refrigerada expuesta en bandejas en una gran superficie, tiene cada día una mayor trascendencia y la solución o minimización del problema es muy importante.

OBJETIVOS

Los objetivos de esta experiencia fueron analizar el efecto de la suplementación de Se orgánico y vitaminas C y E, en parámetros productivos del período de cebo, a fin de evaluar su coste, así como en características de la canal y de la carne, corroborándose este estudio con un panel de consumidores que evaluara caracteres definitorios de la calidad de la carne al consumirla.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de esta experiencia se utilizaron animales comerciales procedentes de

una misma granja de producción que explota un genotipo constituido por la siguiente combinación (Pi x (Pi x Lw)) x (Lr x Lw), identificando cada uno de ellos individualmente, y llevando dos naves gemelas de engorde, donde una serviría de control y otra sería el grupo tratado. La alimentación de estos animales estuvo constituida por dos tipos de pienso, el primero (arranque) hasta los 50 kilos y el segundo (cebo) hasta el sacrificio. La energía metabolizable y proteína bruta de dichos piensos era: 3.200 Kcal. y 19,5 % el de arranque y 3.150 Kcal. y 18% el de cebo.

Al grupo tratado se le adicionó Se orgánico (0,1 ppm) y vitamina E (144 U.I./kg.) desde su entrada en cebo, incorporándose vitamina C (670 ppm) cuando los animales alcanzaron los 80 kg. de peso hasta el momento de su sacrificio. En la cadena de sacrificio se midieron 290 animales del grupo control y 497 del tratado a fin de estimar los parámetros relativos a la calidad de la canal y de la carne. Los equipos utilizados para realizar estas medidas fueron: balanza industrial, Fat'o meater para el porcentaje de magro, la medida de conductividad eléctrica se realizó con un conductímetro portátil de la marca Inteck, provisto de dos electrodos de acero que se introducen en la carne unos 2 cm y la de pH con un peachímetro portátil marca Crison con electrodo de penetración Ingold Xerolyt.

Para el estudio del efecto del tratamiento sobre los diferentes caracteres se realizó en primer lugar un análisis de media por mínimos cuadrados y posteriormente un análisis de varianza multifactorial que analizaba el efecto del sexo del animal, el tratamiento y el padre, así como las interacciones que pudieran establecerse entre estos efectos.

$$Y_{ijkl} = S_i + T_j + P_k + (S \times T)_{ij} + (S \times P)_{ik} + (T \times P)_{jk} + (S \times T \times P)_{ijk} + e_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} representa el carácter a evaluar.

S_i es el efecto del sexo (2).

T_j es el efecto del tratamiento(2).

P_k es el efecto padre (5).

$(S \times T)_{ij}$ es la interacción sexo-tratamiento.

$(S \times P)_{ik}$ es la interacción sexo-padre.

$(T \times P)_{jk}$ es la interacción tratamiento-padre.

$(S \times T \times P)_{ijk}$ es la interacción sexo-tratamiento-padre.

e_{ijkl} es el error residual.

La carne procedente tanto del grupo testigo como del tratado se identificó y se dispuso a consumidores habituales en una gran superficie. Las piezas que se dispensaron fueron: cinta de lomo, cabeza de lomo y chuletas de lomo. Un equipo de encuestadores recopiló información sobre las personas que se llevaron la carne objeto de estudio y mediante encuestas telefónicas se obtuvieron los datos correspondientes a los caracteres que presentaba el producto. El protocolo de encuestas realizadas respondía al siguiente modelo:

Tabla 1. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CARNE PARA CONSUMIDORES

CARÁCTER	PUNTUACIÓN				
Jugosidad	Muy jugosa (5)	Jugosa (4)	Normal (3)	Seca (2)	Muy seca (1)
Color	Muy intenso (5)	Intenso (4)	Normal (3)	Claro (2)	Muy claro (1)
Olor-aroma	Muy bueno (5)	Bueno(4)	Normal (3)	Malo (2)	Muy malo (1)
Terneza	Muy tierna (5)	Tierna (4)	Normal (3)	Dura (2)	Muy dura (1)
Nivel de satisfacción	Muy alto (5)	Alto (4)	Normal (3)	Bajo (2)	Muy bajo (1)

Igualmente se diseñó un modelo estadístico para analizar los datos obtenidos de los consumidores mediante la estimación de medias por mínimos cuadrados, así como un modelo de análisis de varianza multifactorial que analizara los efectos de: tratamiento, tipo de carne, días desde la compra al consumo, tipo de cocinado, tipo de conservación, así como las posibles interacciones que pudieran establecerse entre estos efectos:

$$Y_{ijklmn} = T_i + P_j + D_k + C_l + Co_m + e_{ijklmn}$$

donde:

Y_{ijklmn} : representa el carácter a evaluar.

T_i : es el efecto del tratamiento (2).

P_j : es el efecto del tipo de carne (3).

D_k : es el efecto de los días transcurridos hasta el consumo (6) que representan 0, 1, 2, 3, 4 y >5 días desde la compra al consumo.

C_l : es el efecto del tipo de cocinado (3) que representan las categorías "poco hecho", "al punto" y "muy hecho".

Co_m : es el efecto del tipo de conservación (2) que representan las categorías de "refrigerado" y "congelado".

e_{ijklmn} : es el error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros productivos obtenidos durante el período de cebo corresponden a los dos engordes que se realizaron y aparecen en la

Tabla 2. Éstos apuntan detalles importantes a tener en cuenta, tales como el aumento de la ganancia media diaria en peso y la reducción del índice de transformación, los cuales si se repiten en experiencias posteriores podrían compensar el incremento del coste del alimento debido a la adición extra de los antioxidantes utilizados en la prueba. El aspecto más significativo fué, sin embargo, la reducción evidente de la mortalidad durante el período de cebo, coincidiendo este resultado con experiencias anteriores (Hoppe et al., 1992). El hecho de uti-

lizar los datos brutos correspondientes a dos naves de cebo, no permite realizar un análisis estadístico que estime la posible significancia de las diferencias que se establecen, pero por otras pruebas que se han realizado en esas mismas naves durante varios años, sólo podemos vislumbrar el aspecto relacionado con el porcentaje de bajas como posible diferencia. Los datos que se recogen en la Tabla 2 corresponden a todo el periodo de engorde, no habiéndose realizado ningún control de pesos o consumos intermedio.

Tabla 2. PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE INTERÉS (PRODUCTION PARAMETERS).		
PARÁMETROS TÉCNICOS	TESTIGO	TRATADA
Nº de cerdos	499	506
% bajas	2,91	1,74
Peso de entrada	21,94	22,07
Peso de salida	100,18	100,13
Días de engorde	112	108
G.M.D.	691	718
I. Transformación	2,405	2,361
% Canal	78.88	78,34

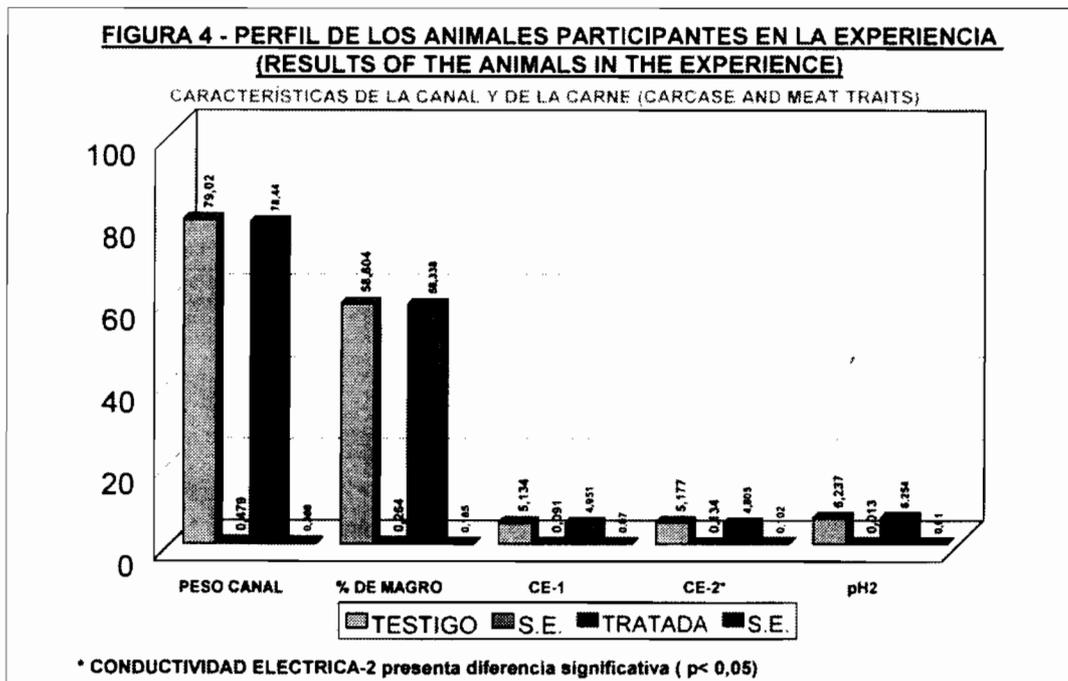
Tabla 3. ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL PARA EL CARÁCTER CE-2.					
EFECTO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RATIO -F	P
sexo	39.144	1	39.144	10.037	0.002
tratamiento	23.790	1	23.790	6.1	0.014
padre	536.382	4	134.096	34.384	<0.001
sexo x grupo	12.832	1	12.832	3.29	0.07

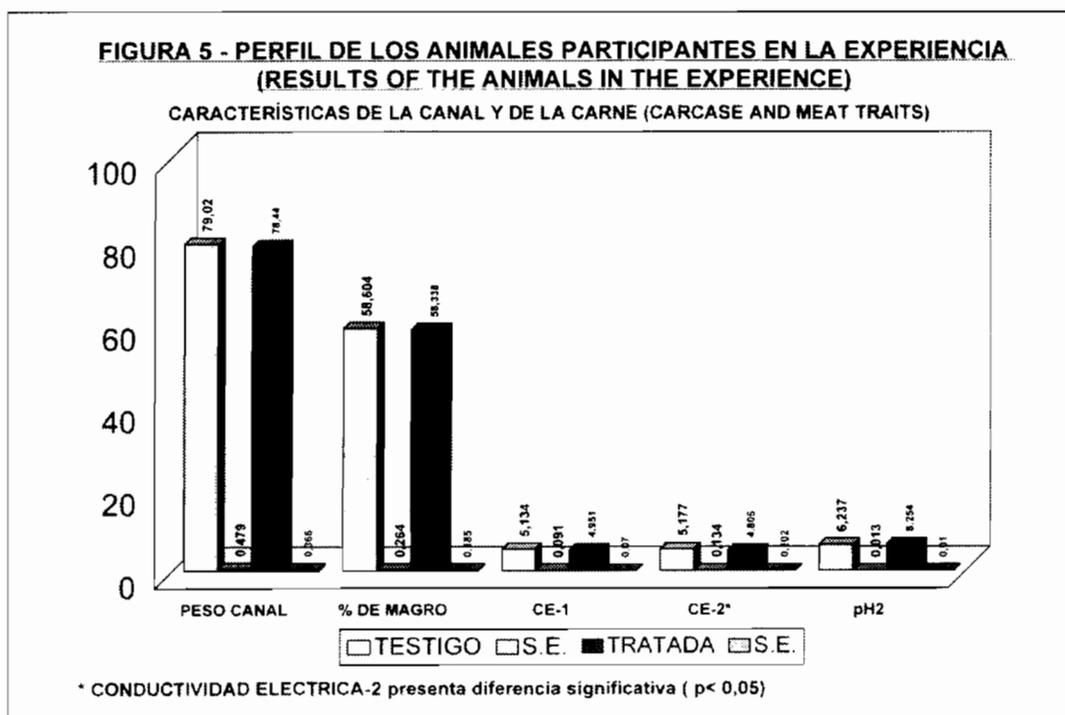
Tabla 4. MEDIAS Y SUS ERRORES ESTANDAR OBTENIDAS POR LOS DIFERENTES EFECTOS PARA EL CARÁCTER CE-2.

EFECTO	MEDIAS AJUSTADAS POR MINIMOS CUADRADOS	ERROR ESTANDAR (SE)	NUMERO DE INDIVIDUOS (N)
sexo macho	5.706	0.149	333
sexo hembra	5.139	0.099	454
testigo	5.644	0.151	290
tratado	5.202	0.096	497
padre nº 1	4.439	0.188	164
padre nº 2	4.680	0.184	204
padre nº 3	7.529	0.260	78
padre nº 4	4.492	0.174	205
padre nº 5	5.973	0.186	136

En el análisis de medias realizado sobre los caracteres relativos a la calidad de la canal y de

la carne obtuvimos los resultados que se muestran en la Figura 4.





Es importante resaltar la diferencia estadísticamente significativa que encontramos en la CE-2, ya que esta medida representa los cambios de resistencia y *capacitancia* de la membrana plasmática de las miofibrillas, siendo un buen estimador de la estabilidad de la misma. El resto de resultados relativos a la calidad de la canal y de la carne coinciden en la ausencia de significancia estadística con los obtenidos por Hoppe et al., (1989).

El análisis de varianza multifactorial muestra igualmente efectos estadísticamente significativos del sexo, tratamiento y padre del animal para el carácter CE-2, no siendo así para las posibles interacciones entre estos factores. Los resultados estadísticos obtenidos se muestran en las Tablas 3 y 4. Estos resultados contradicen igualmente, en cierta medida, otros trabajos en los que se estudiaban otros caracteres

relacionados con la eficacia del uso de vitamina E y C en cerdos susceptibles al estrés (Hoppe et al., 1989), ya que en aquellos animales susceptibles utilizados en la prueba, el tratamiento no ha logrado evitar que se desencadenara la reacción P.S.E. (pálida, blanda y exudativa) en la carne y se manifestara una CE-2 alta, concretamente en los individuos descendientes del padre nº 3, aunque las diferencias que establecen los padres utilizados en la prueba son significativas entre todos.

Estos resultados obtenidos son para las dosis empleadas, por lo que no se pretende negar que a mayores dosis de vitaminas E y C pueda corregirse algo el problema de desencadenamiento de una reacción P.S.E., ya que en términos medios si se ha evidenciado la mejora de la CE-2.

Por último, el análisis de comparación de

medias por mínimos cuadrados practicado a las respuestas recibidas de los consumidores muestra significancia estadística para la terneza y el nivel de satisfacción (Figura 5). El resto de los efectos analizados en el modelo multifactorial no determina ninguna diferencia significativa, salvo el efecto Co (tipo de conservación) que presenta una interacción estadísticamente significativa con el tratamiento sobre el carácter "dureza" ($P < 0,05$).

No tenemos antecedentes bibliográficos sobre este tipo de controles, pero sólo el hecho de haber aparecido estas diferencias nos abre unas expectativas muy interesantes para seguir en esta línea de trabajo.

CONCLUSIONES

Tras el examen de los resultados obtenidos se abre un campo de estudio sumamente interesante, ya que aunque la administración de Se orgánico y vitaminas E y C, en las dosis que utilizamos, no liberan a la carne de un problema de P.S.E., en términos medios si se observa una optimización de la misma, que se corrobora tanto con medidas en cadena de sacrificio (CE-2), como en respuesta por parte de los consumidores. Respecto a la mejora de los parámetros productivos deben realizarse más experiencias que confirmen las diferencias encontradas, así como un estudio económico detallado del impacto en costes que puede suponer la adición de estos productos.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHGAR, A.; LIN, C.F.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R. Y FLEGAL, C.J., 1989. Influence of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipid stability in broiler meat. *Br. Poultry Sci.* 30: 815-823.
- BLAXTER, K.L. Y WEBSTER, A.J.F., 1991. Animal production and food: real problems and paranoia. *Anim. Prod.* 53: 261-269
- BUCKLEY, D.J. Y MONAHAN, F.J., 1994. Vitamina E y calidad de la carne de cerdo. Simposio Cárnico - "Vitamina E y calidad de la carne", Cork, 1-24, Abril 1994.
- BURK, R.F. Y HILL, K.E., 1993. Regulation of selenoproteins. *Annu. Rev. Nutr.* 13: 65.
- DUTHIE, G.G., ARTHUR, J.R., MILLS, C.F., MORRICE, P.C. Y NICOL, F., 1987. Anomalous tissue vitamin E distribution in stress susceptible pigs after dietary vitamin E supplementation and effects on pyruvate kinase and creatine kinase activities. *Livest. Prod. Sci.* 17: 169-178.
- DUTHIE, G.G. Y ARTHUR, J.R., 1988. Vitamin E and the stress-susceptible pig. Final Report to BASF. Documento empresarial.
- GRAY, J.L. Y PEARSON, A.M., 1987. Rancidity and warmed-over flavor. *Adv. Meat Res.* 3: 221-229.
- HALLIWELL, B. Y GUTTERIDGE, J.M.C., 1985. Free radicals in biology and medicine. Clarendon, Oxford.
- HOPPE, P.P., DUTHIE, G.G., ARTHUR, J.R., SCHÖNER, F.J. Y WIESCHE, H., 1989. Vitamin E and Vitamin C supplementation and stress-susceptible pigs: effects of halothane and drug-induced muscle contraction. *Livest. Prod. Sci.* 22: 341-350.
- HOPPE, P.P. Y SCHÖNER, F.J., 1991. Plasmaspiegel und scheinbare Verdaulichkeit von α -Tocopherol in Abhängigkeit von der Vitamin-E-Versorgung bei Frühentwöhnten Ferkeln. *Fat Sci. Techn.* 93: 30-32.
- HOPPE, P.P., SCHÖNER, F.J., WEISCHE, H.,

- STAHLER-GEYER, A. Y KAMMER, J., 1992. Relationship between dietary vitamin E and α -tocopherol concentrations in plasma and tissues of pigs from weaning to slaughter.
- ISABEL, B., A. REY, M.A. SOTO Y C. LOPEZ-BOTE., 1995. Antioxidantes naturales en la alimentación del cerdo. *Anaporc*, N.149 : 5-12.
- MAHAN, D., 1994. Organic selenium in pig nutrition. *Feed Compounder*, Vol.14, N.9, 36-38.
- MEYER, W.R., D.C.MAHAN Y A.L. MOXON., 1981. Value of dietary selenium and vitamin E for weanling swine as measured by performance and tissue selenium and glutathione peroxidase activities. *J.Anim.Sci.* 52:302-311.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1988. Nutrient requirements of swine, 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C. 93 pp.
- OLSON, O.E., Y PALMER, I.S., 1976. Selenoamino acids in tissues of rats administered inorganic selenium. *Metabolism*. 25: 299.
- SIES, H., 1986. Biochemie des oxidativen Stress. *Angew. Chemie* 98: 1061-1075.