

INVESTIGACIONES

ALTERACIONES HISTOPATOLOGICAS STRESS DEPENDIENTES EN EL MUSCULO DE CERDO Y SUS RELACIONES CON LA ACIDIFICACION MUSCULAR¹

Stress dependent histopathological alterations of the swine muscle and its relation with muscular acidification

Harold Toro Jr.²
Paul Hebel G.³

SUMMARY

Muscle acidification values of 25 stress susceptible urgently slaughtered pigs and 20 normally slaughtered pigs (controls) were studied 2 hours post mortem.

Muscle samples (*Psoas mayor*) were obtained for an histopathological study in order to compare acidification patterns in relation to the type and frequency of muscle fibres lesions. Acidification degrees were lower than european reports in all groups. The percentage of animals showing a normal acidification degree was lower in those urgently slaughtered.

There was some relation between pH values and fibres uniformity and thickness. Larger and uniform fibres were observed at normal or higher pH values.

All groups showed a positive correlation between high degrees of acidification and the presence of corrugated and wavy fibres. Coagulation, lysis and absorption of fibres showed a high positive correlation to high acidification values and it seemed to be a typical tendency for the PSE condition.

INTRODUCCION

La selección que se ha practicado en el cerdo hacia una mayor precocidad, mejor conversión de alimentos y mayor producción de carne con disminución de la grasa dorsal, ha acarreado alteraciones metabólicas especialmente a nivel muscular. Se presenta una menor capacidad de adaptación y un aumento de las muertes por falla cardíaca congestiva, produciéndose paralelamente, una pérdida en la calidad de la carne, la que tiende a presentar la condición denominada PSE (pale, soft and exudative—pálida, flácida y exudativa) o la DFD (dark, firm and dry—oscura, firme y seca) (Wagner, 1977).

La presentación de estas alteraciones, como cualquier desvío de la norma, está ligada a problemas de utilización de la carne y de ahí el interés por su reconocimiento.

La condición PSE está asociada a la extremadamente rápida caída de las reservas de glicógeno dentro de los primeros 60 minutos *post mortem*, conduciendo a una rápida baja del pH por formación de ácido láctico e H libre (Honikel y Hamm, 1974), lo cual junto a la alta temperatura (38–40°C), puede determinar la desnaturalización de las proteínas (Fischer y Honikel, 1977) y consecuentemente la presentación del color pálido característico, junto con una baja capacidad para retención de líquido y exudación (Bendall y Wismer-Pedersen, 1962).

En la condición DFD, al igual que en la PSE, existe una alteración en la glicólisis anaeróbica. Hasta el momento de la muerte, el músculo ya ha gastado su reserva de glicógeno, de tal manera que la glicólisis normal ocurre en muy corto tiempo. La consecuencia es

¹ Recepción de originales: 13 de marzo de 1981.

² Exequiel Fernández 964–3059, Santiago, Chile.

³ Escuela de Medicina Veterinaria, U. de Chile. Actualmente en: Departamento de Medicina Veterinaria, U. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

un alto valor de pH, debido a que por la deficiencia de glicógeno, a través de glicólisis, no pudo formarse una cantidad apreciable de lactato e H libre (Honikel y Hamm, 1974).

El déficit en reservas de energía lleva a una baja rápida de la concentración de ATP, a un *rigor mortis* acelerado y a una consistencia firme de la carne. El alto valor de pH condiciona una buena capacidad para retención de líquido y el color oscuro. Es así como existen parámetros comunes a ambas alteraciones y otros que las diferencian (Potthast y Hamm, 1976).

Con el objeto de comparar las alteraciones histopatológicas resultantes de estos trastornos fisiológicos y sus relaciones con la acidificación acelerada, normal o retardada del músculo post beneficio y las posibilidades de diagnóstico histopatológico de la condición PSE, se compara en este trabajo el grado de acidificación del músculo *Psoas mayor* y las alteraciones histopatológicas encontradas en cerdos "stress" susceptibles con estas mismas características en cerdos beneficiados normalmente, considerados en el presente trabajo como controles.

MATERIALES Y METODOS

Fueron muestreados 45 cerdos en el matadero Lo Valledor de Santiago. Se consideró como controles aquellos animales que fueron beneficiados normalmente, con un total de 20.

Se analizaron 25 ejemplares "stress" susceptibles, considerando como tales aquellos individuos que, debido al transporte, no se mantuvieron en pie y tuvieron que ser beneficiados de urgencia. Estos ejemplares se designan como cerdos caídos en el presente trabajo.

En los ejemplares caídos se descarta, por anamnesis y necropsia, enfermedades infecciosas, parasitarias y otras como causales de su estado, de tal manera de atribuirlo sólo al "stress" provocado por el transporte.

Se midió el pH en el músculo *Psoas mayor* 2 hr post beneficio, con un indicador Merck (Darmstadt) para carnes con rango 5,2 a 7,2. Las carnes fueron clasificadas de acuerdo a las curvas de Briskey (1963), en carnes de acidificación acelerada (pH menor a 5,8), acidificación retardada (pH mayor a 6,2) y acidificación normal (pH entre 5,8 y 6,2).

Se obtuvo además muestras del músculo, que fueron teñidas con hematoxilina-eosina, para su estudio histopatológico, en el laboratorio de Histopatología de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Chile.

Se consideró:

1. Uniformidad, separación y grosor de las fibras. Dentro de cada una de estas cualidades se hizo tres grupos:
 - a) músculos con fibras que presentan el carácter,
 - b) músculos con fibras que presentan el carácter contrario, y
 - c) músculos con fibras de carácter intermedio.

Se hizo esta apreciación subjetiva pensando que daría alguna información.

2. Alteración de las fibras musculares: zonas de coagulación y lisis, focos de reabsorción, corrugación de fibras, hialinización, ondulación y bandeo de injuria.

Se procedió a un análisis estadístico de hipótesis nula, para comprobar dependencia entre algunas variables. Se realizó, además, un análisis de correlación (r) entre las variables, con el grado de acidificación; estos grados corresponden a la clasificación hecha por Briskey (1963) y serían los determinantes de las alteraciones. El análisis de correlación se hizo dentro de cada grupo de ejemplares (cerdos caídos y controles, respectivamente), en forma separada, en aquéllos que presentaron acidificación retardada y normal y con ambos grupos juntos, en aquéllos con acidificación acelerada, por tener menos representantes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Clasificación de los ejemplares de acuerdo al grado de acidificación de su musculatura y relaciones entre aquéllos beneficiados de urgencia (cerdos caídos) y beneficiados normalmente (controles).

En el análisis se pudo apreciar que, tanto en los cerdos caídos como en los controles, el porcentaje de ejemplares que representaban acidificación acelerada fue bajo, con respecto a aquéllos con acidificación retardada o normal (Cuadro 1).

CUADRO 1. Clasificación de acuerdo al grado de acidificación, de los ejemplares de cerdos controles y caídos

TABLE 1. Classification of the control and "fallen" pigs, according to acidification degree

Grado de acidificación	Controles		Caídos	
	Nº	o/o	Nº	o/o
acelerada	1	5	2	8
normal	8	40	8	32
retardada	11	55	15	60

El porcentaje de ejemplares con acidificación acelerada fue bajo, con respecto a lo que se observa en países europeos, donde el porcentaje es mucho mayor. Los resultados de Clausen y Thomsen (1960) indican acidificación acelerada del 62,5^oo, en cerdos de raza Landrace, y del 88^oo, en cerdos de raza Pietran.

Es interesante observar que, en los ejemplares con acidificación normal, el porcentaje es menor para los caídos que para los controles, mientras que lo opuesto sucede en acidificación acelerada y retardada, lo que refleja la "stress" dependencia del proceso.

Uniformidad, separación y grosor de la fibra en ejemplares caídos y controles.

Al estudiar las relaciones entre la uniformidad de las miofibrillas, con respecto al grado de acidificación, se pudo apreciar que, tanto el grupo de controles como de ejemplares caídos, no variaba significativamente en cuanto a la distribución de individuos en los diferentes grupos (acidificación acelerada, normal o retardada).

Sin embargo, se pudo comprobar la existencia de variación dentro de cada grupo, apareciendo pocos ejemplares (13–14^oo) con desuniformidad en acidificación normal o retardada, no así en acidificación acelerada. El mayor porcentaje de individuos, dentro de cada grupo, aparece más bien con fibras uniformes o intermedias, pero sin dependencia significativa del grado de acidificación, según una prueba de hipótesis nula.

Al parecer la uniformidad de las fibras es un carácter más bien variable.

En cuanto a separación de fibras, se observó que el mayor porcentaje de ejemplares se distribuía en los grupos de fibras separadas o de separación intermedia, apareciendo muy pocos con fibras juntas. El mayor o menor grado de separación no debe necesariamente atribuirse a una situación patológica sino más bien a la técnica histológica.

El grosor de las fibras tampoco mostró una variación significativa entre los grupos (cerdos caídos y controles), pero sí dentro de cada uno, presentándose el mayor porcentaje de individuos con fibras gruesas e intermedias en aquéllos con acidificación normal o retardada, siendo algo menor en acidificación acelerada. Fibras delgadas prácticamente no se presentaron.

Alteraciones histopatológicas

En nuestras observaciones es posible encontrar casi todas las anomalías descritas para la alteración de la carne denominada miopatía "stress" dependiente.

Las características fibras onduladas (wavy fibers, de los autores ingleses), encontradas también por Valenzuela (1979), se observan con claridad, presentando incluso el sarcolema ondulado.

Lo mismo sucede con las fibras corrugadas, con su característica retracción de la sustancia contráctil, sin que el sarcolema esté comprometido.

En ambas condiciones puede haber estriación presente, pero en algunos casos de presentación muy pálida y escasamente visible y en otros, bien nítida, tanto que incluso es posible visualizar la banda Z.

Ambas características suelen presentarse asociadas, motivo por el cual se las consideró en conjunto, en las estadísticas realizadas.

Las fibras de aspecto homogéneo, de apariencia fragmentada y discontinua nombradas por Valenzuela (1979), también fueron fácilmente identificadas. Nuestras observaciones coinciden en apreciar que parte del citoplasma muscular suele faltar y otra presenta aspecto esponjoso vacuolar, dando la impresión de coagulación y lisis de fibras.

Las fibras homogéneas hialinas, no discontinuas, que describe Valenzuela (1979) como frecuentes, fueron sólo encontradas ocasionalmente; por lo que este carácter parece ser variable en los ejemplares examinados.

Las zonas violáceas e incrustaciones calcáreas, producidas por reabsorción de fibras (Valenzuela, 1979), se presentan frecuentemente asociadas a coagulación y lisis, por lo que en algunas mediciones estadísticas también fueron tomadas en conjunto.

Anomalías de la fibra con respecto al grado de acidificación.

Las relaciones entre presentación de anomalías de la fibra muscular, con respecto al grado de acidificación para la muestra y los controles considerados en conjunto, se aprecian en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Estado de las fibras musculares con respecto al grado de acidificación. Cerdos controles y caídos, en conjunto

TABLE 2. Condition of the fibres in relation with acidification degree. Control and "fallen" pigs as a whole

Grado de acidificación	Negativo	Alterado
acelerada	25 %o	75 %o
normal	18,7 %o	81,3 %o
retardada	36 %o	64 %o

Se puede observar un gran porcentaje de los ejemplares con algún tipo de anomalía en todos los grados de acidificación. Se consideró anómalo cualquier ejemplar que presenta alguna alteración histológica, aunque fuera escasa.

El porcentaje de individuos negativos, fue bajo en todos los grados de acidificación, lo que se explica por la forma de aplicar el concepto de anomalía anotado anteriormente.

Al analizar las relaciones entre algunas alteraciones, tanto en animales controles como caídos, con los diferentes grados de acidificación, se observa que existe una correlación positiva entre la presencia de corrugación—ondulación, con acidificación acelerada. Esto para controles y caídos tomados en conjunto (Cuadro 3), lo que estaría de acuerdo con lo esperado, pensando que la presentación de acidificación acelerada es resultado de la serie de alteraciones fisiológicas, que se manifestarían en alteraciones histopatológicas.

CUADRO 3. Coeficiente de correlación (r) para presencia de corrugación y ondulación en ejemplares controles y caídos, con los diferentes grados de acidificación

TABLE 3. Correlation coefficient (r) for presence of corrugation and waviness, in control and "fallen" pigs, with different acidification degree

Grado de acidificación	Controles	Caídos	Controles + caídos
acelerada	—	—	0,182
normal	-0,712	-0,218	—
retardada	0,148	-0,017	—

En el mismo cuadro se observa también que en acidificación normal, tanto en controles como en ejemplares caídos, las correlaciones son negativas, aunque menos negativas en aquellos caídos. Esto se explicaría porque, en acidificación normal, el metabolismo celular no se encuentra sustancialmente alterado, de tal manera que la presentación de la alteración es menos frecuente.

La correlación positiva que se observó en acidificación retardada, constituye un problema que no es aclarado en este trabajo y que, posiblemente, requiera de estudios posteriores.

Al estudiar las interrelaciones, entre coagulación—lisis—reabsorción, en ejemplares controles y caídos con los diferentes grados de acidificación, observamos que existe una correlación muy alta entre acidificación acelerada y este tipo de alteración (Cuadro 4).

CUADRO 4. Coeficiente de correlación (r) para presencia de coagulación—lisis—reabsorción en cerdos controles y caídos, con los diferentes grados de acidificación

TABLE 4. Correlation coefficient (r) for presence of coagulation—lysis—reabsorption, in control and "fallen" pigs, with different acidification degree

Grado de acidificación	Controles	Caídos	Controles + caídos
acelerada	—	—	0,948
normal	-0,353	0,288	—
retardada	-0,092	0,329	—

La coagulación—lisis y reabsorción constituyen un alto grado de alteración metabólica muscular, explicable por una gran acumulación de ácido láctico, producto del mal funcionamiento energético mitocondrial, que se supone presente en la condición PSE. La alta correlación hace que esta característica aparezca como la tendencia más típica de esta condición.

En acidificación normal, la correlación fue positiva en cerdos caídos y negativa en controles; igual sucede en acidificación retardada, lo que se explica, de acuerdo a lo anotado anteriormente, por el hecho que, en acidificación normal y retardada, no existen marcadas alteraciones metabólicas en los controles, las que se manifiestan en los ejemplares caídos.

En el análisis de las relaciones entre coagulación—lisis—reabsorción con respecto a los diferentes grados de acidificación (Cuadro 5), es interesante señalar que, en los ejemplares que presentaron acidificación acelerada, la intensidad de la alteración fue alta, tanto en ejemplares caídos como controles. Esto podrá atribuirse a que, en el animal control, no se elimina la posibilidad de que exista la alteración, sino solamente se disminuye la probabilidad de su presentación.

CUADRO 5. Intensidad de coagulación—lisis—reabsorción que presentan las fibras en ejemplares controles y caídos, con diferente grado de acidificación

TABLE 5. Coagulation—lysis—reabsorption intensity present in fibers of control and "fallen" pigs, with different acidification degree

Grado de acidificación	Controles	Caídos
acelerada	2	2
normal	1,22	1,75
retardada	0,85	1,71

Opuestamente, en los ejemplares caídos se puede asegurar que se trata de individuos "stress" susceptibles.

Nos parece que aquellos controles que presentaron acidificación acelerada, no debían diferir mucho en cuanto a la intensidad de la alteración, de los que positivamente eran "stress" susceptibles. Posiblemente

una muestra mayor habría hecho notar la diferencia probabilística.

En los otros grados de acidificación se observa mayor intensidad de alteración en los ejemplares caídos, en relación a los controles, pero siempre en valores menores que en acidificación acelerada. Esto se complementa con lo dicho anteriormente, que la coagulación-lisis-reabsorción aparezca como la tendencia más típica de la condición PSE.

RESUMEN

En el músculo *Psoas mayor* de 25 cerdos beneficiados de urgencia ("stress" susceptibles) y de 20 cerdos beneficiados normalmente (controles) se mide el pH muscular 2 hr después del beneficio y se obtiene muestras para su estudio histopatológico. Se compara los grados de acidificación, según las curvas de Briskey (1963), con el tipo y frecuencia de alteraciones de la fibra muscular entre ambos grupos.

A diferencia de lo observado en países europeos, el grado de acidificación es bajo tanto en cerdos beneficiados de urgencia como en los controles, donde predomina acidificación retardada. El porcentaje de ejemplares con acidificación normal es menor en aquellos beneficiados de urgencia.

Desde el punto de vista histopatológico, la uniformidad y grosor de las fibras está en relación con el grado de acidificación. Fibras uniformes y de mayor diámetro se presentan en acidificación normal o retardada.

Las características corrugación y ondulación de fibras presentan una correlación positiva con acidificación acelerada, tanto en animales beneficiados de urgencia como en los controles.

La coagulación, lisis y reabsorción de fibras presenta una correlación alta y positiva con acidificación acelerada, apareciendo como la tendencia más típica de la condición PSE.

LITERATURA CITADA

- BENDALL, J. R. and WISMER-PEDERSEN, J. 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* 27: 144.
- BRISKEY, E.J. 1963. Etiological status and associated studies of pale, soft and exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13: 39.
- CLAUSEN, H. and THOMSEN, R.N. 1960. Report on investigations with pigs. Copenhagen. *Neth. Res. Inst. of Anim. Husbandry*, Report 317.
- FISCHER, Chr. und HONIKEL, K. 1977. Ein einfacher Schnell - Test zur Unterscheidung von normalem, PSE- und DEFED-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft* Nr. 5.
- HONIKEL, K.O. und HAMM, R. 1974. *Fleischwirtschaft* 54, 557.
- POTTHAST, K. und HAMM, R. 1975. Biochemische Untersuchungen über Qualitätsabweichungen an Schweinefleisch, Abschlussbericht II. Teil, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach.
- VALENZUELA, R. 1979. Estudio de diversas alteraciones musculares en cerdos muertos y caídos por stress de transporte y otros factores de manejo. Santiago, U. de Chile, Fac. de Ciencias Veterinarias (Tesis de grado).
- WAGNER, E. 1977. Der einfluss der Rassegebrauchskreuzung auf die Stressanfälligkeit und die Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Bonn, Friedrich-Wilhelms-Universität, Landwirtschafts Fakultät, Dr. Agrar. 14.2.1977.