



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027 -6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barrancabermeja - Colombia

Estimación del comportamiento del glucógeno y el ph muscular en relación al tiempo postsacrificio en cerdos

Estimate of the behavior of muscle glycogen and ph in relation to time in pigs post sacrifice

Yepes Lobo Luz Dary¹. Mateus Ariza Fabián Andrés²

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo estimar el comportamiento del glucógeno y el pH muscular en relación con el tiempo de sacrificio de cerdos en las horas 1, 2, 3, 4 y 5, llevándose a cabo en las instalaciones del núcleo de producción porcina en el Centro de Investigación Santa Lucía de UNIPAZ, ubicado en la vereda el Zarzal del corregimiento de La Fortuna, municipio de Barrancabermeja. El trabajo se realizó con 15 cerdos castrados de cruce polihíbrido (Duroc, Yorkshire, Landrace y Pietran) con un peso aproximado de 100 Kg en la etapa final de ceba, divididos en tres corrales, asignando al azar dos cerdos por corral para la obtención de muestras, requiriéndose de dos fases: campo y laboratorio. La fase de campo correspondió al sacrificio de los cerdos y a la toma de las muestras y la fase de laboratorio a la aplicación del protocolo propuesto por Dapena, Padilla, Martínez, Barcena y García (s.f.). El análisis estadístico fue realizado con la prueba t student para muestras independientes para comparación de medias de las variables glucógeno y pH muscular en las horas 1 y 5 post sacrificio y regresión lineal múltiple relacionando las variables glucógeno, pH y tiempo postsacrificio. La relación de las tres variables analizadas se estableció a partir de la regresión lineal múltiple establecida por la ecuación $GI = 2,116 - 0,062 pH - 0,107 t$ (GI = glucógeno, t= tiempo post sacrificio) donde se pudo determinar una dependencia del descenso del glucógeno en función del pH y el tiempo postsacrificio al existir una correlación ($r = 0,693$) de significancia positiva alta.

Palabras clave: Glucógeno muscular, caída de pH postsacrificio, cerdos.

Abstrac

This study to stimate the behavior of glycogen and muscle pH in relation to time of slaughter pigs at hours 1, 2, 3, 4 and 5, taking place on the premises of swine production center in the Research Center UNIPAZ Saint Lucia, located in the vallage the Zarzal, the township of La Fortuna, a town of Barrancabermeja. The work was conducted with 15 barrows polihíbrido crossing (Duroc, Yorkshire,

¹ Esp., Lic., Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, luzdayelo@yahoo.com.co

² MVZ, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, fabian_mateus1096@hotmail.com



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027-6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barranquermeja - Colombia

Landrace and Pietran) weighing approximately 100 Kg in the final stage of fattening, divided into three pens, and randomly assigned two pigs per pen for obtaining samples, requiring two phases: field and laboratory. The field corresponds to the slaughter of pigs and the taking of samples and the laboratory stage to the implementation of the protocol proposed by Dapena, Padilla, Martínez, Barcena y García (s.f.). The statistical treatment was done by Student's t test for independent samples to compare means of variables muscle glycogen and pH 1 and 5 hours post slaughter and multiple linear regression relating the variables glycogen, pH and time post sacrifice. The relationship of the three variables analyzed were established from multiple linear regression equation established by the $GI = 2.116 - 0.062 \text{ pH} - 0.107 t$ ($GI = \text{glycogen}$, $t = \text{time post slaughter}$) where it was determined a dependence of the decrease of glycogen function of pH and time post sacrifice to be a correlation ($r = 0.693$) high positive significance.

Keywords: Glycogen muscle, pH decline post sacrifice, pigs.

Introducción

El glucógeno es un homopolisacárido ramificado de reserva formado por moléculas de D-glucosa unidas por enlaces del tipo $\alpha(1 \rightarrow 4)$ y $\alpha(1 \rightarrow 6)$, encontrándose almacenado principalmente en el tejido hepático y muscular. El glucógeno muscular constituye una reserva energética para la contracción del músculo y únicamente puede ser metabolizado por la fibra muscular debido a la ausencia de *glucosa-6-fosfatasa*, enzima necesaria para liberar glucosa en su isómero glucosa 6-fosfato (Murray, Granner, & Rodwell, 2007). En los seres vivos, el exceso de glucosa se convierte en formas poliméricas para ser almacenado como glucógeno y así, disponer de éste como reserva energética según sean las necesidades de las células. De esta manera, las células a través de procesos metabólicos disponen del glucógeno para sintetizar glucosa que es la molécula precursora energética (Nelson & Cox, 2008). El músculo almacena de tres a cuatro veces la cantidad de glucógeno que tiene el hígado como reserva, razón por la cual las células musculares son fuentes energéticas de disposición inmediata (Rivadeneira D., 2002). Las reservas de glucógeno muscular postsacrificio en cerdos podrían disminuir según el tipo de alimentación recibida, así mismo, características fisicoquímicas que determinan la calidad de la carne como el color, pH final y textura, ya que en cerdos alimentados con dietas bajas en hidratos de carbono respecto al alimento control, el glucógeno muscular se redujo en el músculo *longissimus* (LM) de 11 a 26% en el momento del sacrificio, sin afectarse la calidad de la carne al establecerse que el pH final en LM no se vio alterado por dicha reducción, concluyéndose que las actividades de las enzimas en la vía glicolítica, glucógeno fosforilasa A y B, la fosfofructoquinasa, y la vía oxidativa de ácido graso, β -hidroxiacyl-CoA-deshidrogenasa, no se vieron afectados por la alimentación (Rosenvold, y otros, 2001).



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027 -6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barrancabermeja - Colombia

Durante la fase de rigor se produce la glicolisis anaerobia del tejido muscular, provocando una acumulación de ácido láctico y en consecuencia, descenso del pH, llegando a valores cercanos entre 5.5-5.8 La concentración de glucógeno residual dependen del contenido inicial del mismo en el músculo, agotándose rápidamente con el ayuno, ejercicio y/o estrés previo al sacrificio, lo que conlleva a una menor producción de ácido láctico y un pH más elevado (Eusse G., 2009).

Los procesos de manipulación previos al sacrificio que involucran el tiempo de espera en los corrales, mezcla y períodos de ayuno, en menor medida, influyen significativamente en el pH final (Fernandez & Tornberg, 1991). La influencia del tiempo de ayuno previo al sacrificio es determinante sobre la calidad de la carne en cerdos, provocándose una disminución parcial del contenido de glucógeno en el tejido muscular lo que provocaría una reducción en la producción de ácido láctico post-mortem; así mismo, una rápida caída del pH produce una acelerada glicólisis anaeróbica combinada con una elevada temperatura de la canal, ocasionando una desnaturalización de aproximadamente el 20% de las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares. Estos cambios moleculares se aprecian macroscópicamente por una pérdida de la capacidad de retención de agua del músculo y mayor palidez (Eusse G., 2009).

La carne de cerdos sometidos a estrés puede sufrir una glicolisis acelerada que hace que el músculo alcance su pH final mientras su temperatura es todavía elevada (Rodríguez G., s.f.). En cerdos de raza Duroc (D) y Pietran (P) se determinó el efecto del estrés por inmovilización de 15 minutos sobre el metabolismo de los carbohidratos, encontrándose cambios en las actividades de enzimas glucolíticas y el contenido de glucógeno en el músculo longissimus dorsi (LDM). El nivel de glucógeno fue cinco veces mayor en otros músculos que en el LDM, siendo esta disminución del 27% en cerdos D y del 44% en cerdos P. El nivel de glucosa en plasma se elevó en un 118% en D y un 50,5% en cerdos de P después de 15 minutos de estrés de inmovilización. Por lo anterior, las actividades de las enzimas glucolíticas actúan en forma diferente en el LDM (Rosochacki, Konecka, Piekarszewska, & Poloszynowicz1, 2000).

El músculo del cerdo tiene un pH neutro de 7.0 – 7.2, de esta forma cuando se convierte en carne, el pH disminuye tornándose ácido. Tanto la disminución progresiva de pH y el valor de pH final son importantes en la determinación de la calidad de carne de cerdo. Los rangos ideales para el pH inicial están entre 6.7 y 6.3 y para el pH final entre 6.1 y 5.7 (De Anchorena, s.f.).

Parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad de la carne como el color y la capacidad de retención de agua dependen básicamente de las condiciones en que se realizan los cambios de pH durante la transformación postmortem de músculo a carne, siendo la velocidad y la magnitud la causa más importante en la variación de la calidad de la cárnica del porcino (Fernandez & Tornberg, 1991). Los cambios en el pH después del sacrificio son básicamente debidos a la degradación del



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027 -6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barrancabermeja - Colombia

glucógeno a ácido láctico por glucogenólisis y glicólisis en condiciones anaerobias; sin embargo, éste contenido de glucógeno está influenciado por diversos factores incluyendo la raza, ya que el genotipo es considerado una fuente importante de variación en el pH final, pues los genes Rendimiento Napole (RN) y Halotano (Hal) tienen un efecto negativo en la calidad de la carne de porcinos ya que están asociados con carne de pH y rendimiento bajos, existiendo una incidencia importante de cerdos con el alelo RN⁻ relacionada con carne ácida, como también, la presencia del gen Hal está asociado con la incidencia de carne pálida, suave y exudativa; se supone que el gen mayor rn⁺/RN influye en la concentración de glucógeno en el músculo de cerdos vivos (Martínez, Alarcón, & Ortega, 2006). Todos los factores que pueden influir en la concentración de glucógeno deben ser considerados en relación con las propiedades metabólicas y contráctiles del músculo (Fernandez & Tornberg, 1991).

Teniendo en cuenta que los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad de la carne están relacionados con el almacenamiento de glucógeno muscular y posterior metabolización en ácido láctico por la caída del pH, el presente trabajo tuvo la finalidad de estimar el comportamiento cuantitativo del glucógeno y el pH muscular en relación al tiempo postsacrificio en cerdos.

Materiales y métodos

Este trabajo se llevó a cabo durante los meses de marzo y agosto de 2011 en la piara y el laboratorio de biotecnología reproductiva del Centro de Investigación Santa Lucía ubicado en el departamento de Santander, el cual cuenta con una temperatura promedio de 28°C, humedad de 72 a 77%, altitud de 81 m.s.n.m. y precipitación de 2.675 mm (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006). El trabajo se realizó con 6 cerdos castrados de cruce polihíbrido (Duroc, Yorkshire, Landrace y Pietran) con un peso aproximado de 100 Kg mantenidos bajo las mismas condiciones de manejo en la etapa final de ceba, considerándose cada cerdo como una unidad experimental. Con el fin de lograr el objetivo propuesto, los animales tuvieron un ayuno de 9 horas previo al beneficio en un sitio de la piara adecuado para tal fin, el cual se llevó a cabo mediante insensibilización eléctrica de 2 puntos con su consecuente degollado, corte de extremidades, deshuellado y eviscerado con la finalidad de obtener la canal, para tener acceso al músculo largo dorsal (*Longissimus dorsi*) y así, coleccionar las muestras de tejido que se conservaron en hielo para su procesamiento inmediato en el laboratorio de biotecnología reproductiva.

A cada muestra/cerdo se le hicieron 3 réplicas con la finalidad de determinar los niveles de glucógeno y pH muscular respecto al tiempo postsacrificio (1 y 5 horas). Se aplicaron las técnicas específicas para la conservación de las muestras y el protocolo de laboratorio (Dapena, Padilla, Martínez, Barcena, & García, s.f.), en el que en condiciones de laboratorio, el glucógeno se puede liberar de los tejidos que lo contienen por calentamiento con una base fuerte de hidróxido de potasio (KOH)

hasta la destrucción total del tejido; la separación del glucógeno del tejido se consigue mediante la adición de etanol (precipita polisacáridos y elimina los monosacáridos solubles) y sulfato de sodio (coprecipitante); una vez obtenido el glucógeno se colectaron las muestras en tubos de ensayo y se enviaron al laboratorio clínico CITOLAB para determinar por método de absorbancia el nivel de glucógeno (mg) obtenido en cada muestra a la hora 1 y 5 postsacrificio. De la misma manera, a las muestras que se tomaron del tejido muscular se les determinó el pH aplicando el protocolo, siendo: pesaje de 20 gramos del músculo seleccionado, maceración de la muestra, hidrólisis de la misma con agua destilada y medición del pH con potenciómetro, el cual fue calibrado previamente con solución buffer a pH 7. La prueba se repitió teniendo en cuenta los intervalos de tiempo (1, 2, 3, 4 y 5 horas) después del sacrificio, registrándose los datos en una tabla.

El tratamiento estadístico de información se llevó a cabo en 4 etapas: 1- Comparación de medias de las variables glucógeno y pH en las horas 1 y 5 postsacrificio a través de la prueba de t-student para muestras independientes con 34 grados de libertad y nivel de significancia de 0,05. 2- A partir de los datos de glucógeno y pH para los tiempos postsacrificio de 1 y 5 horas, se estableció la regresión lineal múltiple, definiendo la viabilidad de la ecuación a partir del coeficiente de correlación (R) y el nivel de significancia ($p < 0,05$) generado por el anava de tal relación. 3- Con base en la anterior ecuación se estimó el glucógeno para el pH en los tiempos postsacrificio 2, 3 y 4 horas. 4- Teniendo en cuenta los valores de glucógeno para el pH en los tiempos postsacrificio 1 y 5 horas, como también, el glucógeno estimado para el pH en los tiempos postsacrificio 2, 3 y 4 horas, se determinó la regresión lineal múltiple, precisando la viabilidad de la ecuación a partir del coeficiente de correlación (R) y el nivel de significancia ($p < 0,05$) señalado en el anava de tal relación. Para este procedimiento se utilizó el software estadístico SPSS Statistics 19.0.

Resultados

En el Cuadro 1 y Figuras 1 y 2 se presentan los datos correspondientes a las variables glucógeno y pH para las horas 1 y 5 postsacrificio.

Cuadro 1. Valores correspondientes a las variables glucógeno y pH para las horas 1 y 5 postsacrificio.

HORA	Glucógeno	pH	HORA	Glucógeno	pH
1	1,58	6,3	5	1,13	5,2
1	1,98	6,4	5	1,62	5,4
1	1,47	6,4	5	1,33	5,2
1	1,39	6,8	5	1,04	5,4

1	1,98	6,4	5	1,17	5,4
1	1,42	6,6	5	1,25	5,3
1	1,98	5,9	5	1,58	5,4
1	1,61	5,8	5	1,39	5,3
1	2,03	5,9	5	1,22	5,8
1	1,62	5,7	5	1,33	5,1
1	1,99	5,8	5	1,24	5,4
1	1,89	5,7	5	1,44	5,5
1	1,26	5,6	5	1,25	5
1	1,24	5,7	5	1,04	5,1
1	1,58	5,8	5	1,34	5,4
1	1,36	6,5	5	1,13	5,1
1	1,46	6,7	5	1,21	5,3
1	1,58	5,3	5	0,84	5,5

En el Cuadro 2 se encuentran expuestos los estadísticos que permitieron establecer la comparación de medias de las variables glucógeno y pH entre las horas 1 y 5 postsacrificio.

Figura 1. Comportamiento de la variable glucógeno para las horas 1 y 5 postsacrificio.

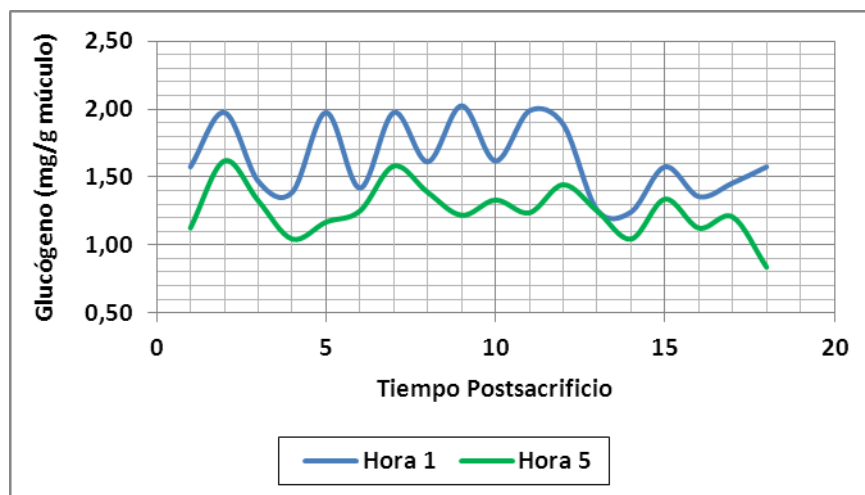
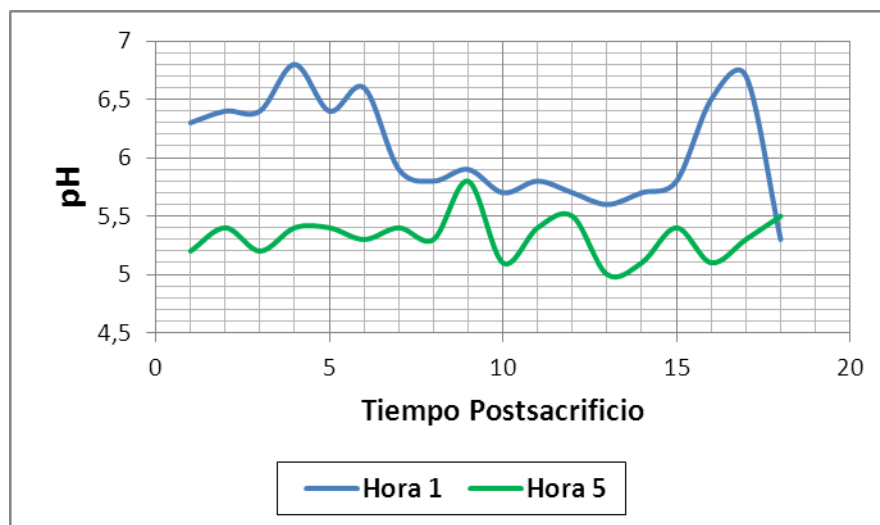


Figura 2. Comportamiento de la variable pH para las horas 1 y 5 postsacrificio.



Cuadro 2. Comparación de medias de las variables glucógeno y pH entre las horas 1 y 5 postsacrificio.

VARIABLE	Glucógeno		pH	
	T crítico (bilateral)	T experimental	T experimental	P
2,042	4,896 ^{ab}	0,00 ^{ab}	6,654 ^{ab}	0,00 ^{ab}

Letras diferentes indican diferencia significativa.

En el Cuadro 3 se consigna la ecuación de regresión y correlación del glucógeno respecto al pH y el tiempo postsacrificio (1 y 5 horas) a partir de la regresión lineal múltiple, mediante la cual se estimó el glucógeno ($p < 0,05$) para los diferentes valores de pH en las horas postsacrificio 2, 3 y 4 (véase Cuadro 4).

Cuadro 3. Ecuación de regresión y correlación del glucógeno respecto al pH y el tiempo postsacrificio (1 y 5 horas) a partir de la regresión lineal múltiple.

Variables	Ecuación	R	P
Glucógeno vs pH y tiempo postsacrificio	$Gl = 2,119 - 0,062pH - 0,107t$	64,6%	0,00

Gl: Glucógeno; t: Tiempo postsacrificio.

Cuadro 4. Glucógeno estimado para los diferentes valores de pH en las horas postsacrificio 2, 3 y 4.

HORA	Glucógeno	pH	Glucógeno	HORA	Glucógeno	pH	Glucógeno	HORA	Glucógeno	pH	Glucógeno
1	1,58	6,3	1,58	2	2,00	5,5	1,56	4	1,87	5,8	1,33
1	1,98	6,4	1,98	2	2,00	5,7	1,55	4	1,87	5,5	1,35
1	1,47	6,4	1,47	2	2,00	5,8	1,55	4	1,87	5,9	1,33

1	1,39	6,8	1,39	2	2,00	6,5	1,50	4	1,87	5,5	1,35
1	1,98	6,4	1,98	2	2,00	6,7	1,49	4	1,87	5,6	1,34
1	1,42	6,6	1,42	2	2,00	5,3	1,58	4	1,87	5,7	1,34
1	1,98	5,9	1,98	3	1,93	6	1,43	4	1,87	5,3	1,36
1	1,61	5,8	1,61	3	1,93	6	1,43	4	1,87	5,5	1,35
1	2,03	5,9	2,03	3	1,93	5,8	1,44	4	1,87	5,6	1,34
1	1,62	5,7	1,62	3	1,93	6,5	1,40	4	1,87	6,4	1,29
1	1,99	5,8	1,99	3	1,93	6,2	1,41	4	1,87	6,5	1,29
1	1,89	5,7	1,89	3	1,93	6,2	1,41	4	1,87	5,4	1,36
1	1,26	5,6	1,26	3	1,93	5,9	1,43	5	1,13	5,2	1,13
1	1,24	5,7	1,24	3	1,93	5,8	1,44	5	1,62	5,4	1,62
1	1,58	5,8	1,58	3	1,93	5,9	1,43	5	1,33	5,2	1,33
1	1,36	6,5	1,36	3	1,93	5,6	1,45	5	1,04	5,4	1,04
1	1,46	6,7	1,46	3	1,93	5,7	1,44	5	1,17	5,4	1,17
1	1,58	5,3	1,58	3	1,93	5,7	1,44	5	1,25	5,3	1,25
2	2,00	6,1	1,53	3	1,93	5,5	1,46	5	1,58	5,4	1,58
2	2,00	6,3	1,51	3	1,93	5,6	1,45	5	1,39	5,3	1,39
2	2,00	6,2	1,52	3	1,93	5,8	1,44	5	1,22	5,8	1,22
2	2,00	6,8	1,48	3	1,93	6,4	1,40	5	1,33	5,1	1,33
2	2,00	6,4	1,51	3	1,93	6,6	1,39	5	1,24	5,4	1,24
2	2,00	6,4	1,51	3	1,93	5,4	1,46	5	1,44	5,5	1,44
2	2,00	5,9	1,54	4	1,87	5,9	1,33	5	1,25	5	1,25
2	2,00	5,8	1,55	4	1,87	5,8	1,33	5	1,04	5,1	1,04
2	2,00	5,9	1,54	4	1,87	5,7	1,34	5	1,34	5,4	1,34
2	2,00	5,6	1,56	4	1,87	6	1,32	5	1,13	5,1	1,13
2	2,00	5,8	1,55	4	1,87	6	1,32	5	1,21	5,3	1,21
2	2,00	5,7	1,55	4	1,87	5,9	1,33	5	0,84	5,5	0,84

En el Cuadro 5 y Figuras 3 y 4 se presenta la relación del glucógeno y pH respecto al tiempo postsacrificio (1, 2, 3, 4 y 5 horas) mediante las ecuaciones de regresión y correlación a partir de los modelos de crecimiento y cúbico, respectivamente.

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión y correlación del glucógeno y pH respecto al tiempo postsacrificio a partir de los modelos de crecimiento y cúbico.

Variables	Ecuación	R	p
Glucógeno vs tiempo postsac.	$GI = e^{(0,553 - 0,067t)}$	68,7%	0,00
pH vs tiempo postsacrificio	$pH = 6,284 - 0,321t + 0,135t^2 - 0,022t^3$	61,1%	0,00

Figura 3. Relación de la variable glucógeno respecto al tiempo de postsacrificio (1, 2, 3, 4 y 5 horas).

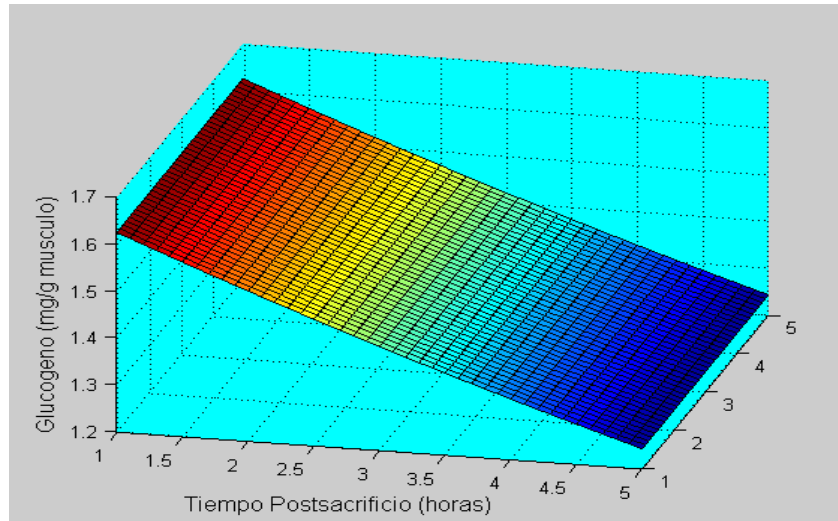
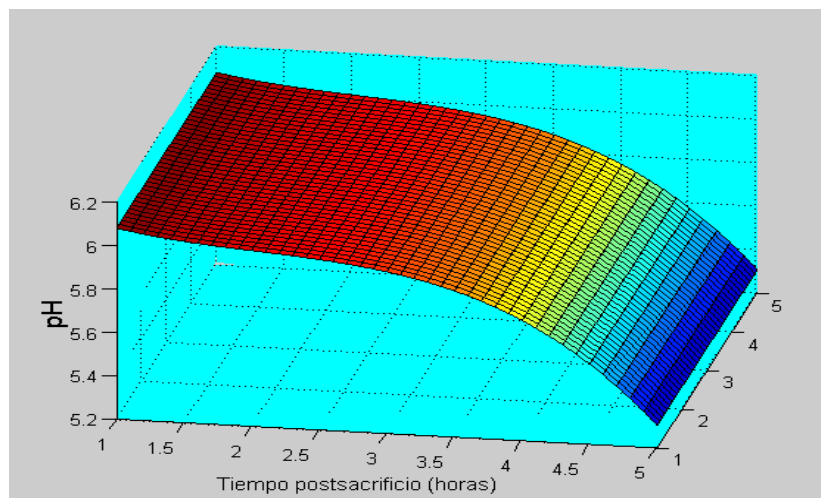


Figura 4. Relación de la variable pH respecto al tiempo de postsacrificio (1, 2, 3, 4 y 5 horas).

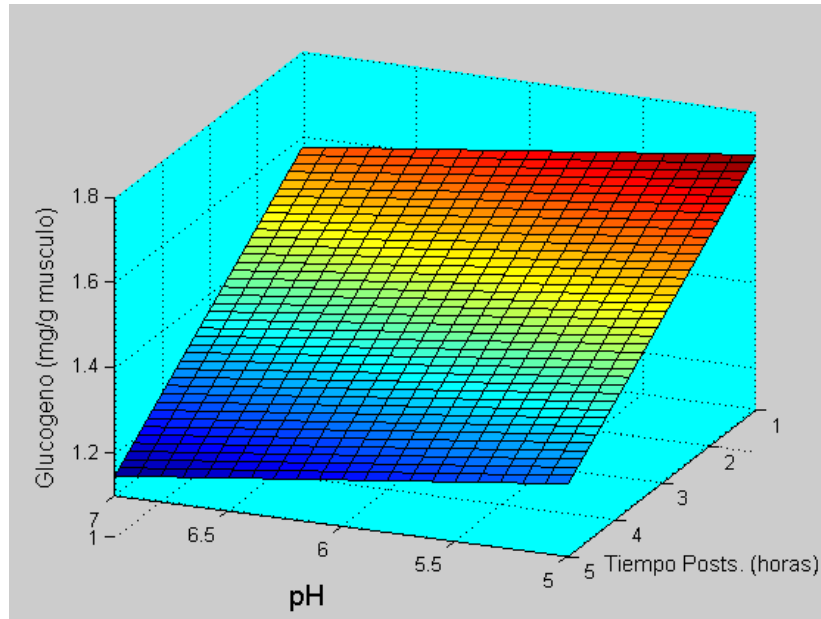


En el Cuadro 6 y Figura 5 se presenta la relación del glucógeno respecto al pH y tiempo postsacrificio (1, 2, 3, 4 y 5 horas) a partir de la regresión lineal múltiple.

Cuadro 6. Ecuación de regresión y correlación del glucógeno respecto al pH y tiempo postsacrificio mediante la regresión lineal múltiple.

Variabes	Ecuación	R	p
Glucógeno vs pH y tiempo postsac.	$Gl = 2,116 - 0,062pH - 0,107t$	69,3%	0,00

Figura 3. Relación de la variable glucógeno respecto al pH y tiempo de postsacrificio (1, 2, 3, 4 y 5 horas).



Discusión

Después del sacrificio el glucógeno empieza a degradarse a medida que transcurre el tiempo (Buttery, . Brameld, & Dawson, 2000), coincidiendo con los resultados de esta investigación, pues al aumentar las horas de sacrificio los niveles de glucógeno disminuyeron.

El glucógeno entre la hora 1 y 5 postsacrificio arrojó una diferencia significativa ($p < 0,05$) con valores de $1,63 \pm 0,27$ y $1,25 \pm 0,19$ mg/g de músculo, respectivamente. Igualmente, estudios previos han demostrado que los niveles de glucógeno en músculo de cerdo cuantificados a los 45 minutos fueron de $1,2 \pm 0,23$ mg/g (miligramos de glucógeno por gramo de musculo) y en una segunda medición a las 24 horas postsacrificio arrojó un resultado de $0,24 \pm 0,06$ mg/g demostrando una tendencia de disminución del glucógeno (Choea, y otros, 2008).

El pH presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la hora 1 y 5 postsacrificio, con valores de $6,07 \pm 0,44$ y $5,32 \pm 0,19$ respectivamente. El pH del músculo cae desde un nivel inicial de 7.00 hasta 6.00, tiempo en el cual el músculo entra en rigor mortis, continuando dicho descenso hasta valores finales entre 5,4 – 5,6 (McIntyre, 2000). En el desarrollo de la investigación se propuso analizar el comportamiento del glucógeno muscular en un tiempo máximo de 5 horas, período en el cual se logra la mayor acidificación en el músculo, pasando desde un pH

inicial 6.07 ± 0.44 en la hora 1 a un pH final de 5.32 ± 0.19 en la hora 5, concordando con el tiempo de acidificación establecido para la carne de porcinos entre 4 y 5 horas (Warris, 2003).

La correlación múltiple mide la intensidad de la relación entre la variable dependiente (glucógeno) y el conjunto de variables regresoras (pH y tiempo) y expresa su valor entre -1 y +1 (Gutierrez P. & Vara S., 2004). La regresión lineal múltiple establecida por la ecuación $GI = 2,116 - 0,062 \text{ pH} - 0,107 \text{ t}$ (GI = glucógeno, t= tiempo post sacrificio) determinó una dependencia del descenso del glucógeno en función del pH y el tiempo postsacrificio al existir una correlación ($r = 0,693$) de significancia positiva alta (Ossa S, 2003), establecido ello porque los cambios en el pH después del sacrificio son debidos a la degradación del glucógeno por glucogenólisis y glicólisis en condiciones anaerobias (Coma & Piquer, s.f.).

La disminución en el pH es una respuesta a la acumulación de ácido láctico, producto de la degradación del glucógeno en el músculo; este proceso bioquímico se produce por el metabolismo anaeróbico que ocurre en las células musculares.

Por tanto, un valor alto en el pH final (6,0 – 6,2) en los músculos indica que las reservas de glucógeno muscular son mínimas o se agotaron casi por completo al momento del sacrificio lo que impide la conversión de glucógeno a ácido láctico; por el contrario, un pH final con valor bajo menor de 5.2 indica altos niveles de glucógeno al momento del sacrificio, con lo cual se formaron altas concentraciones de ácido láctico (Apple, Kegley, Boger, Roberts, Galloway, & Rakes, s.f.).

Conclusiones

El glucógeno presentó un rendimiento mayor significativo ($1,63 \pm 0,27$ mg/g de músculo) en la hora 1, tiempo en el cual se ha dado inicio al proceso de metabolización anaerobia del músculo y un rendimiento menor significativo en la hora 5 ($1,25 \pm 0,19$ mg/g de músculo), tiempo en el cual se ha completado el proceso de metabolización anaerobia en el músculo.

El comportamiento del pH muscular arrojó valores significativamente altos (6,0-6,2) a la hora 1 postsacrificio respecto a la caída máxima (5,2 – 5,4) que se obtuvo a la hora 5, producto de la acidificación del tejido muscular postmortem por la conversión del glucógeno en ácido láctico.

La relación glucógeno, pH muscular y tiempo postsacrificio se estableció a partir de la regresión lineal múltiple $GI = 2,116 - 0,062\text{pH} - 0,107\text{t}$ con una correlación significativa alta del 69,3%.

Bibliografía

Apple, J. K., Kegley, E. B., Boger, C. B., Roberts, J. W., Galloway, D., & Rakes, L. K. (s.f.). Effects of Restraint and Isolation Stress on Stress Physiology and the



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027 -6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barrancabermeja - Colombia

Incidence of Darkcutting Longissimus Muscle in Holstein steers. *AAES Research Series 499*, 73-77.

Briskey, E., Bray, R., Hoekstra, W., Phillips, P., & Grummer, R. (1960). Effect of High Protein, High Fat and High Sucrose Rations on the Water-Binding and Associated Properties of Pork Muscle. *Journal of Animal Science*, 19, 404-411.

Buttery, P., . Brameld, J., & Dawson, J. (2000). Control and manipulation of hyperplasia and hypertrophy in muscle tissue. . En P. B. Cronje, *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. (págs. 237-252). Wallington: CABI Publishing.

Choea, J. H., Choia, Y. M., Leea, S. H., Shina, H. G., Ryua, Y. C., Hongb, K. C., y otros. (October de 2008). The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, 80(2), 355-362.

Coma, J., & Piquer, J. (s.f.). *Calidad de carne en porcino: efecto de la nutrición - XV Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2011, de www.uco.es: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/99CAP8.pdf>

Dapena, J., Padilla, C., Martínez, E., Barcena, J., & García, C. (s.f.). *Aislamiento y cuantificación de glucógeno* . Recuperado el 16 de Noviembre de 2011, de <http://www.uco.es>: <http://www.uco.es/organiza/departamentos/bioquimica-biol-mol/pdfs/22%20AISLAMIENTO%20GLUC%C3%93GENO.pdf>

De Anchorena, T. (s.f.). *Calidad de la carne de cerdo*. Recuperado el 21 de Octubre de 201, de <http://www.notrilco.com>: http://www.notrilco.com/uploads/files/Calidad_de_la_Carne_de_Cerdo.pdf

Eusse G., J. S. (2009). *Calidad de la carne de cerdo*. Recuperado el 02 de Junio de 2012, de www.produccion-animal.com.ar.

Fernandez, X., & Tornberg, E. (5 de May de 1991). A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *Journal of Muscle Foods*, 2(3), 209-235.

Gutierrez P., H., & Vara S., R. d. (2004). *Análisis y diseño de experimentos* . México: McGraw-Hill Interamericana.

Immonena, K., Kauffmanb, R., Schaeferb, D., & Puolanne, E. (February de 2000). Glycogen concentrations in bovine longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 54(2), 163-167.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (21 de Agosto de 2006). *Neotrópicos*. Recuperado el 21 de Marzo de 2012, de <http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Barrancabermeja>



REVISTA CITECSA
Volumen 3 numero 4 – julio 2012
ISSN: 2027 -6745
<http://mvz.unipaz.edu.co/citcesa/web>
Barrancabermeja - Colombia

Martínez, J. A., Alarcón, A. D., & Ortega, J. A. (20 de Abril de 2006). Incidencia de los genes Halotano y Rendimiento Napole y su efecto en la calidad de la carne de cerdo. *Universidad y Ciencia: Trópico Húmedo*, 22(2), 131-139.

McIntyre, B. (7 de August de 2000). *Reducing dark-cutting in beef carcasses*. Recuperado el 02 de Octubre de 2011, de <http://www.agric.wa.gov.au>: http://www.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/aap/bc/m/f06100.pdf

Murray, R., Granner, D., & Rodwell, V. (2007). *Harper. Bioquímica ilustrada. Harper. Ed manual moderno*. (17 ed.). México: Manual Moderno.

Nelson, D., & Cox, M. (2008). *Lehninger. Principles of Biochemistry*. (5 ed.). England: W. H. Freeman.

Ossa S, G. (2003). *Mejoramiento genético a los sistemas de producción de carne*. (1 ed.). Bogotá: Produmedios.

Rivadeneira D., E. (2002). *El Glucógeno Bioquímica general*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2011, de www.monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos11/glucog/glucog.shtml>

Rodríguez G., J. M. (s.f.). *Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos*. Universidad Complutense de Madrid., Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria.

Rosenvold, K., Petersen, J., Lwerke, H., Jensen, S., Therkildsen, M., Karlsson, A., y otros. (2001). Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 382-391.

Rosochacki, S., Konecka, A., Piekarczywska, A., & Poloszynowicz, J. &. (2000). Acute immobilization stress in prone position in susceptible Pietrain and resistant Duroc pigs. II. Glycolytic metabolism in Pietrain and Duroc skeletal muscle and liver. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 117(3), 203-210.

Warris, P. D. (2003). *Ciencia de la carne* (1 ed.). Zaragoza: Acribia.