

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREFEENA SOBRE EL PH,
LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, LAS PÉRDIDAS POR COCINADO,
EL COLOR Y LA TERNEZA DE LA CARNE DE VACAS EN PASTOREO.**

por

DE MELLO DIAZ, Juan Ignacio

MATTOS SILVEIRA, Alvaro José

SANGUINETTI LARRIERA, Martín Felipe

TESIS DE GRADO presentada como
uno de los requisitos para obtener el
título de Doctor en Ciencias
Veterinarias
(Orientación: Producción Animal)

TG 139

Efecto de la supl

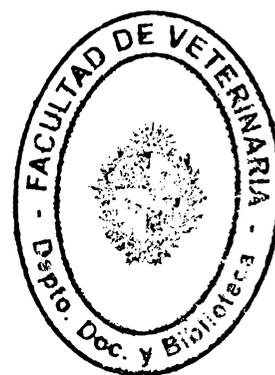


FV/28302

Modalidad: "Ensayo experimental"

s

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2009**

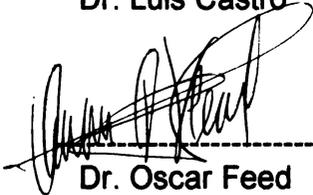


TESIS DE GRADO aprobada por:

Presidente:

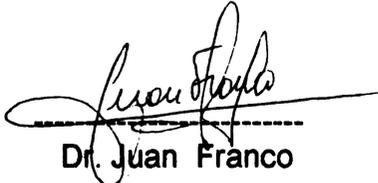
Dr. Luis Castro

Segundo Miembro (Tutor):



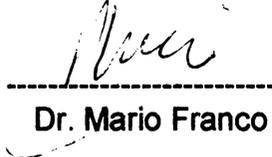
Dr. Oscar Feed

Tercer Miembro (cotutor):



Dr. Juan Franco

Cuarto Miembro:

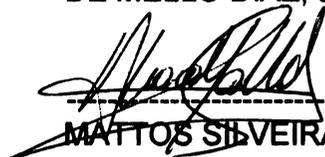


Dr. Mario Franco

Fecha: 24 de julio del 2009

Autores:

DE MELLO DIAZ, Juan Ignacio



MATTOS SILVEIRA, Alvaro José

SANGUINETTI LARRIERA, Martín Felipe

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con 7 (siete) 

AGRADECIMIENTOS:

A los Dres. Oscar Feed y Juan Franco.

A los Ing. Agr. Ramiro Zanoniani y Oscar "Coco" Bentancour.

Al frigorífico Casa Blanca SA.

A los Dres. Luis Castro y Mario Franco.

A la Dra Stella Huertas.

Al personal de la EEMAC, Dr. Alfredo "Brasilero" Ferraris, Br. Mariana Píriz, Dra. Valentina García, Dra. Irene Kalpokas

Al personal del Depto. de Documentación y Biblioteca de la Facultad de Veterinaria.

A nuestras familias y amigos.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
1 RESUMEN.....	1
2 SUMMARY.....	2
3 INTRODUCCION Y JUSTIFICACION.....	3
3.1 OBJETIVO GENERAL	4
3.2 OBJETIVOS PARTICULARES	4
4 REVISION BIBLIOGRAFICA	5
4.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS	5
4.2 Química muscular.....	6
4.2.1 Reserva de glucógeno muscular.....	6
4.2.1.1 Concentración de glucógeno en las diferentes especies	7
4.2.1.2 Concentración de glucógeno en los diferentes músculos.	7
4.2.1.3 Factores que afectan la concentración de glucógeno muscular.	7
4.2.2 Depósito de energía en el músculo de un animal vivo.....	8
4.2.3 Metabolismo energético	9
4.3 Concepto de calidad de carne.	10
4.3.1 Atributos de la calidad de la carne.	12
4.3.1.1 Color.	12
4.3.1.1.1 Factores que afectan el color de la carne.	13
4.3.1.2 Terneza.....	13
4.3.1.3 Capacidad de retención de agua y pérdidas por cocinado.	14
4.3.2 La importancia del pH en la calidad de carne	15
4.4 CORTES OSCUROS	16
4.4.1 Incidencia de los cortes oscuros en los diferentes países	18
4.4.2 Características de las carnes DFD	19
4.4.3 Factores que influyen en la aparición de cortes oscuros	22
4.4.3.1 Tipo de dieta	22
4.4.3.2 Grado de terminación.....	24
4.4.3.3 Sexo, edad y tipo racial.....	25
4.4.3.4 Temperatura.	26
4.4.3.5 Transporte.....	27
4.4.3.6 Tiempo de transporte.....	27
4.4.3.7 Tiempo de espera previo a la faena.....	28
5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 LUGAR.....	29
5.2 SUELO.....	29
5.3 PASTURAS.....	29
5.4 ANIMALES.....	29
5.5 DETERMINACIONES POSTMORTEM O EN PLAYA DE FAENA	30
5.5.1 Peso vivo	30
5.5.2 Peso de la res (peso en 2ª balanza)	30
5.6 DETERMINACION INSTRUMENTAL DE LA CALIDAD DE LA CARNE.....	30
5.6.1 Determinacion de pH y temperatura	30
5.6.2 Color	30
5.6.3 Capacidad de retención de agua	31
5.6.4 Pérdidas por cocción.....	31

5.6.5 Terneza instrumental	31
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
6.1 Valores productivos de los animales control y suplementado.....	33
6.2 Porcentaje de carcasas según grado de terminación	34
6.3 Temperatura	35
6.4 Curva de descenso de pH.....	36
6.5 Color	37
7 CONCLUSIONES	39
8 BIBLIOGRAFÍA	40

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro I. Exigencias de pH en cortes para algunos mercados	5
Cuadro II. Características a considerar en la calidad de carnes	10
Cuadro III. Incidencia reportada de DFD	18
Cuadro IV. Perfil de un bovino predispuesto a sufrir cortes oscuros.....	19
Cuadro V. Características de palatabilidad de las carnes dfd y normales, comparación de la terneza sensorial con la fuerza de corte (W-B)	21
Cuadro VI. Utilización de un azúcar fácilmente asimilable para evitar dfd	23
Cuadro VII. Relación de cobertura de grasa sobre la incidencia de cortes oscuros.	24
Cuadro VIII. Grado de terminación vs pH a las 24 hs.	24
Cuadro IX. Incidencia de cortes oscuros según sexo y categoría.....	25
Cuadro X. Temperatura e incidencia de DFD	26
Cuadro XI. Efecto del genotipo sobre el pH a las 24 hs.....	26
Cuadro XII. Densidad de carga.....	27
Cuadro XIII. Valores de ganancia diaria y variables de la canal de los tratamientos evaluados (medias y errores estándar)	33
Cuadro XIV. Porcentaje de las canales según grado de terminación tipificadas por la escala de INAC.	34
Cuadro XV. Valores de color de músculo para los parámetros L^* , a^* y b^* en los ambos tratamientos.....	37
Cuadro XVI. Evaluación de PPC, CRA y WB.....	37
Figura 1. Evolución de la tasa de descenso de la temperatura durante las 24 hs. Post- mortem en el longissimus dorsi.....	35
Figura 2. Evolución de la tasa de descenso del pH durante las 24 hs. Post- mortem. ...	36

1 RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de períodos cortos de suplementación energética pre faena sobre parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne de 40 vacas de invernada Hereford adultas, con un peso vivo promedio de 458.3 ± 43.6 Kg. Las mismas fueron manejadas sobre campo natural y estratificadas por peso y estado corporal, asignándolas al azar a dos tratamientos, T1: Testigos no suplementadas y T2: suplementadas con concentrado (40% de maíz y un 60% de cebada), a razón de 1 % de peso vivo. Se realizó un acostumbriamiento gradual durante 10 días, seguido de un período de evaluación de 20 días. La faena se llevó a cabo en el frigorífico Casa Blanca S.A. (Paysandú) mediante el proceso tradicional, luego de terminado el período de suplementación a fecha fija. Los animales fueron trasladados bajo las mismas condiciones (en el mismo embarque y con el mismo tiempo de espera previo a la faena); se realizó el seguimiento de la carcasa dentro de la playa de faena a través de etiquetas y se determinó el peso vivo y peso de la canal. A las 24 horas postmortem se tomaron e identificaron muestras del músculo *longissimus dorsi* (LD) entre la 11ª y 12ª costilla para determinar pH, temperatura, color, CRA (capacidad de retención de agua), PPC (pérdidas por cocinado) y terneza.

No se evidenciaron diferencias significativas para la ganancia diaria y peso vivo final. En lo que respecta al rendimiento existió diferencia a favor del T2, debido a una mayor proporción de canales con mejor grado de terminación.

Se midió el pH y temperatura a las 0, 3, 6, 8, 12, y 24 hs postmortem en la porción lumbar del músculo LD, entre la 11ª y la 12ª costilla en la media canal izquierda. La medición mostró una diferencia significativa en el pH entre T1 y T2 a las 8 hs. A pesar de esto a las 24 hs. no se obtuvieron diferencias significativas. Estos valores estuvieron en promedio por debajo de 5.8, lo que nos indica una menor probabilidad de presentar carnes con cortes oscuros (DFD).

Existieron diferencias significativas en la temperatura a las 3, 6 y 8 hs. post mortem, con una menor velocidad de enfriamiento en el grupo T2. Las diferencias registradas en color, CRA, PPC y terneza no fueron significativas; sin embargo se evidenció una tendencia a presentar carnes más tiernas en el grupo suplementado.

1 SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the effect of pre -slaughter short energy supplementation periods on productive, meat quality parameters and carcass quality of forty Hereford wintering adult cows, with an average weight of 458.3 ± 43.6 kg. Animals grazing natural pastures were stratify by body weight and condition, and randomly assigned to two treatments, T1: control group not supplemented and T2: supplemented with concentrate (40% corn and 60% barley) at a rate of 1% of body weight. A gradual adaptation period was made for 10 days, followed by an evaluation period of 20 days. The slaughter was carried out in Casa Blanca SA (Paysandú) using traditional methods after supplementation period was finished and at a settled date. Animals were transported under the same conditions (same day of shipment and period to slaughter). The carcasses were labeled and tracked through their course in the slaughter plant and the live weight and carcass weight were determined. Samples of the *longissimus dorsi* (LD) muscle between the 11th and 12th rib were taken 24 hours postmortem and identified and were used to determine pH, temperature, color, tenderness, water holding capacity (WHC) and cooking loss (CL).

No significant differences were found for daily weight gain and final body weight. Regarding to the meat yield there were differences found in group T2, due to a greater proportion of carcasses with better degree of finish. Temperature and pH were measured 0, 3, 6, 8, 12 and 24 hours post-mortem (pm) in the LD muscle lumbar portion, between the 11th and 12th rib, in the left half carcass. The measurement showed a significant difference in pH between T1 and T2 at 8 hrs. However, there were no significant differences within 24 hours. These values were below 5.8 on average, which shows a lower probability of DFD. With regard to the temperature, there were significant differences at 3, 6 and 8 post mortem, with a slower cooling speed for the T2. In our experiment differences in colour, water holding capacity (WHC), cooking loss (CL) and tenderness were not significant; however, the supplemented group meat showed a tendency to be more tender.

3. INTRODUCCION Y JUSTIFICACION

- FAC

La producción de carne vacuna ha sido históricamente junto al rubro ovino, pilares fundamentales en la economía nacional, ocupando aproximadamente el 80 % de la superficie del país. El rubro carne bovina dentro del sector exportador es uno de los más importantes, siendo de los principales generadores de divisas para el país. En el año 2007 se exportaron 385.371 toneladas en peso carcasa generando 823.444 millones de dólares para el Uruguay; del total exportado el 79% se hizo como carne congelada, el 14.8% como carne enfriada, y el 6.22% como carne elaborada y salada (DIEA, 2008).

El 38,2% de la faena nacional de vacunos esta compuesta por vacas de descarte de los rodeos de cría, lo cual presenta una fuente importante de ingreso para criadores e invernadores (DIEA, 2008)

Aunque no caben dudas de la importancia del rubro para el país, la presencia de Uruguay como país productor de carne en el mercado, estará signada más por su calidad que por su cantidad. Pero además serán determinantes todas aquellas estrategias de manejo durante la vida del animal, fundamentalmente las que se realizan previas a la faena que le permitirán a la industria partir de una materia prima de buena calidad. Todo esto redundará en la concreción de un producto final que identifique y posicione al Uruguay de una manera sólida en un mercado muy difícil y competitivo como es la comercialización de la carne (Castro y Robaina, 2003).

Es por esta razón que se acentúa la importancia de estudiar la calidad de carne con más profundidad. Por otra parte existen antecedentes sobre la ocurrencia frecuente de problemas como cortes oscuros, machucamiento, etc. Estos defectos elevan los costos de producción, elaboración y comercialización de los productos cárnicos.

Un aspecto importante es el valor nutricional; dentro de los sistemas pastoriles se presentan ciertas ventajas en comparación con los sistemas confinados, en base a granos. Cuando el principal componente de la dieta está constituido por el forraje de calidad que proveen las pasturas de clima templado, el contenido de grasa de las carnes puede ser reducido y la composición de sus ácidos grasos mejorados. La carne vacuna ha sido considerada un alimento con altos niveles de grasas saturadas y colesterol. Según la opinión de muchos médicos este sería un factor de riesgo para el desarrollo de ciertas enfermedades coronarias; esta es una de las razones que explicarían la caída en el consumo de carne vacuna en los países desarrollados durante los últimos años. El consumo de ácidos grasos saturados ha sido asociado con incrementos en la concentración de colesterol de lipoproteínas de baja densidad en suero. Pero no toda la carne tiene el mismo contenido y composición de la grasa. El metabolismo de los lípidos de ganado consumiendo pasturas de alta calidad es distinto del que tiene lugar en los animales alimentados a corral con dietas a base de granos, comprobándose que la carne producida a pasto tiene menos grasa y colesterol que la producida a corral (Rearte, 2007).

En relación a los cortes oscuros, el problema a nivel nacional es de suma importancia. Los niveles de rechazo por cortes oscuros en nuestro país son en promedio de un 18.4%; el 40% de las industrias encuestadas manifestó valores entre 15 y 30% (Gimeno y col., datos no publicados citados por Pioli y Oyharzabal, 2006). Por otra parte, los valores de rechazo por cortes oscuros dados a conocer por las auditorias de la carne vacuna en el año 2003 fueron de un 18.8 % sobre un total de 20.877 correspondientes a las 10 plantas de mayor actividad de faena en los últimos 10 años (INIA, INAC, CSU, 2003). De acuerdo a los datos recabados en la

auditoria del 2008, se mejora significativamente al bajar el porcentaje de cortes oscuros a un 11 %, pero debe recordarse que la primera Auditoria relevó la faena de animales de mayor edad, que habían sido retenidos por la aftosa. Las pérdidas evaluadas por la última auditoria, para el caso de cortes oscuros, fueron de U\$S 7,69 por animal (Montossi y Robaina, 2008). Si tenemos en cuenta que el promedio de faena anual para el Uruguay es de 2.230.000 vacunos, las pérdidas anuales se elevarían a U\$S 17. 148.700 (DIEA, 2008).

Por lo tanto, en un problema de naturaleza multifactorial como lo es el pH final, es necesario estudiar alternativas de fácil aplicación por el productor, tratando de aislar los factores que intervienen, para que de este modo se puedan extraer recomendaciones que tengan impacto sobre el problema planteado.

Nuestra hipótesis busca determinar si por medio de una suplementación energética corta previo a la faena se logra mejorar la reserva de glucógeno muscular. Esta reserva, al superar ciertas concentraciones le permitiría al animal compensar más eficientemente el consumo generado ante situaciones estrés y de esta manera presentar post- faena un adecuado descenso del pH, y así tener menos probabilidades de presentar cortes oscuros y mejorar la calidad de la carne.

Es sabido que altos planos de alimentación evitarían estos problemas; por el contrario adecuamos nuestro trabajo a la realidad nacional suministrando una suplementación corta sobre pasturas naturales como se podría desarrollar en la mayoría de las invernadas de vacas en nuestro país.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de períodos breves de suplementación energética durante 20 días previo a la faena en vacas Hereford en pastoreo, sobre el pH final de la carne, CRA (Capacidad de retención de agua), PPC (pérdidas por cocinado) y parámetros de calidad tales como terneza y color.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar el efecto de la suplementación energética previo a la faena sobre la tasa de descenso de pH postmortem.
- Analizar, las repercusiones en otras características instrumentales de la calidad tales como: CRA, fuerza de corte medida por cizalla Warner – Braztler, color y PPC.

4 REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

Según Santini y Depetris (2006) la calidad de la carne bovina esta particularmente definida por su composición química (valor nutricional) y por sus características organolépticas (valor sensorial) tales como la terneza, el color, el sabor y la jugosidad. Dikeman (1984) no solo contempla lo anterior sino que también agrega al concepto de calidad de carne las características de seguridad relacionadas al riesgo de enfermedades o envenenamiento, residuos químicos, antibióticos, hormonas etc. También destaca que en varios países, el color y el pH de la carne son características importantes para la evaluación visual.

Los valores elevados de pH a las 24hs de faena se corresponden con la ocurrencia de cortes oscuros, lo que a la vista aparece con un color rojo oscuro a café negro y que presentan además una consistencia seca dura y algo pegajosa. Para describir este desorden es más usada la terminología DFD (dark, firm, dry) que significa oscuro, firme y seco. En estas condiciones se reduce la vida útil de los cortes en vitrina, ya que esta asociada a una alta capacidad de retención de agua favoreciendo así el crecimiento bacteriano (Hargreaves, 2004). El pH final de la carne es también de suma importancia desde el punto de vista de las exigencias de los países compradores de carne, este aspecto puede condicionar la apertura o cierre de los comercios de carne internacionales.

Cuadro I. Exigencias de pH en cortes para algunos mercados.

Argelia	6
Barbados	5.8
Brasil ovinos	6
Canadá	6
USA	5.8
Unión Europea	5.8
Rusia	6

O. Feed com. pers. (2007)

A pesar de que varios pigmentos están presentes en el músculo, la oxidación de mioglobina a oximioglobina es la principal contribuyente al color rojo brillante característico de la carne Hargreaves (2004). La oxidación de oximioglobina forma metamioglobina que es la responsable de la coloración oscura (rojo opaco o café oscuro) de la carne una vez que es expuesta en la góndola de venta de carnicerías o supermercados (Smith y col., 1999 citado por Hargreaves, 2004).

El problema de cortes oscuros se debe a dos factores fundamentales que son, por un lado las reservas de glucógeno muscular y por el otro lado el grado de estrés que sufre

el animal previo a la faena (Mc Veigh y Tarrant, 1982; Tarrant ,1988). En la literatura internacional, los factores que aparecen como más relevantes en relación a la frecuencia de aparición de los cortes oscuros son: la mezcla de animales de distinta

procedencia (Price y Tennessen, 1981; Mc Veigh y Tarrant, 1982; Warris, 1990), las categorías animales afectadas con más frecuencia son machos enteros, vacas, vaquillonas y novillos Brown y col., (1990), el tipo de alimentación: pasturas más que feed lots (Mc Veigh y Tarrant, 1982), el tiempo de transporte (Sorthouse y col., 1972; Brown y col., 1990; Jones y Tong, 1989; Murray, 1989), el tiempo de espera previo a la faena Jones y Tong, (1989), la procedencia de los animales, ya sea de establecimientos o locales de feria Grandin, (1988), la época del año (Tarrant y Sherington, 1980; Jones y Tong, 1989; Murray, 1989;; Brown, 1990), y los cambios en las condiciones climáticas.

Existen algunos antecedentes nacionales de estudios en base a relevamientos de tropas en plantas de faena (Carduz, 1996; Soares de Lima y col., 1997). En estos trabajos se identificaron como factores principales que condicionan la incidencia de cortes oscuros: prolongados tiempos de espera, tipo de alimentación (campo natural vs. pasturas mejoradas), así como interacciones entre estos factores y otros tales como tipo genético, edad, época del año etc. En lo referente a duración del transporte y tiempo de espera, (Pioli y Oyarzabal, 2006) no encontraron diferencias significativas en valores de pH a las 24 hs post mortem, evidenciándose una tendencia en la probabilidad de encontrar pH mayores a 5.7, cuando la duración del transporte y el tiempo de espera en frigorífico fueron mayores.

4.2 Química muscular

4.2.1 Reserva de glucógeno muscular

El glucógeno es un polisacárido cuyas moléculas están constituidas por residuos de glucosa y constituyen el glicano de reserva de los tejidos animales. Varían notablemente en forma y tamaño según las distintas especies, existen en todas las células siendo más abundantes en hígado donde alcanza el 2% -10% del peso del órgano, en músculo esquelético de 0.5% -2%.

La estructura del glucógeno le permite guardar de forma muy eficiente glucosa, debido a que almacena la mayor cantidad posible de la misma en el menor volumen posible. El almacenamiento de glucosa en forma de glucógeno, admite no solo almacenar mayor cantidad sino que se almacena sin afectar la presión osmótica, que sí se vería afectada en caso de reserva de glucosa libre. En su trabajo Nelson y Cox, (2005) determinaron que la cantidad de glucosa estoqueada como glucógeno es de 400 nM, mientras que el glucógeno es almacenado como partículas, cuyo peso oscila en los 10^7 dalton.

Estudios bioquímicos Lamako y col., (1993) han demostrado que el glucógeno existe de dos formas en el músculo: una forma ácido soluble, de alto peso molecular, llamada macro glucógeno (MG), y otra insoluble, un ácido, de bajo peso molecular, llamado pro glucógeno (PG). Ha sido estimado que en las moléculas de MG pueden llegar a almacenar 25 veces más unidades de glucosa que en la molécula de PG. Cuando se estudió la distribución de glucógeno muscular por medio de microscopía electrónica (Friden y col., 1989 citado por Ylä-Ajos, 2006) reportaron la existencia de dos tipos de moléculas diferenciadas por su diámetro; en contraposición, (Marchand, 2002 citado por Ylä-Ajos, 2006) no encontró diferencias, lo que implicaría que el PG no es una entidad distinta.

Ambas moléculas de glucógeno son sustratos para producción de energía para la contracción muscular, pero ambos deben ser metabolizados de manera separada.

4.2.1.1 Concentración de glucógeno en las diferentes especies

La concentración de glucógeno varía entre especies, y es mayor en las muestras obtenidas de biopsias (animal vivo) que las obtenidas luego del sacrificio (Fernández y col., 1992)

La concentración de glucógeno en músculo de pollo posee valores alrededor de los 5 mmol/ kg de músculo, aunque también se han reportado valores tan inferiores como 19 mmol/Kg (Young y col., 2002).

En ganado, la concentración de glucógeno muscular reportada oscila entre los 60 y 100 Mmol/kg de músculo (Crouse y Smith, 1986), mientras que en la mayoría de las razas de cerdo es de 80 Mmol/kg de músculo. Generalmente la variación en la concentración de glucógeno entre razas en el cerdo son poco apreciables (Tarrant y col., 1972), a excepción de la raza Hampshire que contiene marcadamente más glucógeno que otras razas. En esta raza se ha encontrado un gen dominante con la capacidad de aumentar la concentración de glucógeno lo que podría afectar la adversamente la calidad de la carne (Fernández y col., 1992).

El sexo no parece tener influencia en la concentración de glucógeno muscular en el cerdo (Fernández y Tornberg, 1991) ni en el vacuno (Imonem y col., 2000). Sin embargo se ha reportado que los machos están más predispuestos a sufrir más depleción de glucógeno previo al sacrificio que las hembras o machos castrados, debido a su temperamento excitable y agresivo (Grandin, 1993)

4.2.1.2 Concentración de glucógeno en los diferentes músculos.

La concentración de glucógeno varía en los músculos de un mismo animal, estando muy relacionadas a las propiedades de ese músculo en particular, sobre todo a la capacidad contráctil y metabólica de los mismos. Los diferentes músculos responden de manera diferente al estrés; el sufrido previo al sacrificio afecta en forma diferente a los distintos tipos de fibras musculares, provocando diferentes depleciones de glucógeno. Es por esta razón que ciertos músculos son más propensos en producir cortes oscuros.

4.2.1.3 Factores que afectan la concentración de glucógeno muscular.

Además de la variación del genotipo del animal y de las propiedades metabólicas y contráctiles de los diferentes músculos, la concentración de glucógeno muscular y la consecuente calidad de la carne pueden ser afectadas por otros factores.

Entre estos se destacan los que tienen lugar previo al sacrificio: *status* hormonal, transporte y duración del mismo, mezcla de animales, factores climáticos, estatus nutricional, interacciones físicas, etc. (Tarrant, 1981; Warris, 1990). La sucesión de eventos que sufren los animales una vez que están listos para ser sacrificados comienza con los manejos en el establecimiento productor, en algunos casos, comercialización en remates ferias, en otros transporte por varias horas al frigorífico y el confinamiento encorrales hasta la faena propiamente dicha. Los movimientos en las etapas previas a la faena, exponen a los animales a variadas situaciones de estrés, lo que redundará en pérdida de peso y baja calidad de la carcasa (Huertas, 2008). Todos estos son considerados factores estresantes.

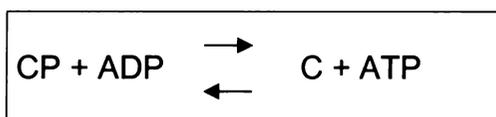
El término estrés se utiliza de forma genérica para describir un estado en el que el individuo se encuentra amenazado por las condiciones medioambientales en las que vive (García-Belenguer y Mormede, 1993). Cuando un individuo percibe un estímulo

o agresión, se produce en él una reacción interna cuyo fin será conseguir la adaptación, lo que le permitirá, en último término, sobrevivir.

La química del músculo post-mortem depende, en cierto modo, de la fisiología del animal y de su estado previo al sacrificio. En los últimos años ha cobrado más fuerza la teoría de que los animales pueden agruparse de acuerdo a su susceptibilidad al estrés, basándose en su respuesta a factores estresantes específicos (Judge y col., 1967, 1968 citado por Pearson, 1994). Pueden actuar como estímulos estresantes la temperatura, el sonido, la humedad, la presión atmosférica, la nutrición inadecuada, el shock, el miedo, la luz, la fatiga, la anoxia y la excitación emocional. Todos los agentes estresantes, independientemente de su naturaleza, generan una respuesta similar. El estrés inmediatamente antes de la faena tiene importantes efectos en la calidad de la carne, ya que los animales no tienen tiempo de recuperar los niveles de glucógeno antes de ser faenados. El estrés tiene un mayor efecto sobre animales que ya tienen bajos niveles de glucógeno. Animales con altos niveles previos a la faena (1% del peso húmedo del músculo) pueden ser estresados sin que el valor de pH final de sus músculos se incremente, puesto que la concentración de glucógeno solo limita la producción de ácido láctico cuando es menor a 0,65 % del peso húmedo del músculo (Shorthose, 1980).

4.2.2 Depósito de energía en el músculo de un animal vivo.

A nivel de tejido la concentración de ATP es muy baja y solo alcanza para unos pocos movimientos o contracciones. Según (Warris, 2000), la concentración normal es de 5 a 7 mmol/ Kg de músculo lo que solo alcanzaría para unos pocos segundos; sin embargo la concentración es mantenida efectivamente por la reacción:



CP= creatin fosfato

C= creatin

Esta reacción es reversible, pero el equilibrio se dirige a la reacción de la derecha si el pH es neutro, por lo tanto el ATP es utilizado rápidamente y se genera más, tanto como lo que halla de CP (creatin fosfato). Esta reacción es catalizada por la enzima creatinkinasa (CK) que es abundante y activa en el músculo.

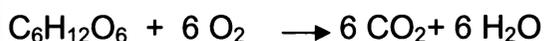
Los niveles de CP son mucho más altos que los de ATP, aunque pueden caer durante el ejercicio exhaustivo.

4.2.3 Metabolismo Energético

La principal función del músculo es la contracción. La energía para desarrollar esta actividad es provista por el ATP; la concentración de dicho nucleótido en el músculo oscila normalmente entre 4 a 10 mmol/Kg., dependiendo la especie animal, y el tipo de músculo (Tarrant y col, 1972).

En el músculo vivo la fuente para producir el ATP son los ácidos grasos libres, la glucosa en la sangre y el glucógeno en el músculo.

El glucógeno y la glucosa producen ATP a través de la glucólisis, la descarboxilación oxidativa y la fosforilación oxidativa. Esto permite completar la oxidación de una molécula de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) con seis moléculas de oxígeno (O_2) a seis moléculas de dióxido de carbono (CO_2) y seis de (H_2O).



Los carbohidratos pueden ser utilizados en aerobiosis o anaerobiosis; la glucogenolisis es la degradación de glucógeno a glucosa: esta molécula, con seis átomos de carbono, se rompe en dos moléculas de piruvato con tres átomos de carbono cada uno. Este proceso genera 2 o 3 molécula de ATP y 4 hidrogeniones (H^+) que van a reducir el nicotin adenosin dinucleotido (NAD). En la descarboxilación los átomos de carbono del piruvato son degradados a CO_2 y se producen 20 H^+ que van a realizar el transporte de electrones. Cuando hay O_2 , y la densidad de mitocondrias no es un factor limitante, la molécula de piruvato ingresa a la mitocondria y por reacciones enzimáticos se produce Acetil Co A, este proceso es conocido como el Ciclo de Krebs; en este punto es donde los ácidos grasos pueden ingresar al sistema por una beta oxidación. Bajo condiciones anaeróbica solo se produce la glicólisis, y en esas condiciones el piruvato se transforma en ácido láctico siendo la reacción catalizada por la enzima lactato deshidrogenasa (Newsholme y Leech, 1983). A valores de pH menores a 6.0-6.5 la tasa de glicólisis es drásticamente reducida, con una proporcional reducción de ATP. Bajo estas condiciones la fatiga se desarrolla rápidamente.

El último proceso es la fosforilación oxidativa, donde los 24(H^+) generados por la glicólisis y la descarboxilación oxidativa son oxidados en el sistema citocromo. Por cada par de (H^+) se producen 3 moléculas de ATP, por lo tanto por cada molécula de glucosa se genera 36 moléculas de ATP, más las dos producida en la glicólisis.

En relación a la utilización del glucógeno la adrenalina, que se secreta como respuesta a un estímulo (estrés externo), activa la glucogenolisis, a través de una serie de pasos que resultan en la activación de la enzima fosforilasa. Esta está presente en grandes cantidades en el músculo y cataliza el pasaje de glucosa a glucosa 1 fosfato, siendo este el primer paso de la transformación de glucógeno en ácido láctico. A la fosforilasa la podemos encontrar en dos formas fosforilasa A que se activa y la fosforilasa B que es inactiva; la conversión de una forma a la otra es realizada por la enzima proteinkinasa que es a su vez activada por el AMP cíclico producido cuando el adenilciclasa es convertido en una forma activa por la adrenalina.

Por lo tanto, cuando el glucógeno se necesita rápidamente para la producción de energía, se moviliza por glicólisis a través de la activación de la fosforilasa que puede resultar de la secreción de adrenalina durante el episodio estresante (Warris, 2001).

En ausencia de estrés la fosforilasa B es activada por otros mecanismos, que incluyen el aumento de metabolitos como el AMP, fósforo inorgánico y la disminución de la concentración de ATP.

Durante la estimulación normal del músculo por el sistema nervioso los iones de calcio también promueven la activación de la fosforilasa. Cuando un impulso nervioso dispara un potencial de acción a la membrana plasmática, el calcio difunde en la célula y activa 2 proteínas, la troponina C que causa la contracción del músculo y la calmodulina que se combina con la proteinkinasa activándola y catalizando la conversión de fosforilasa B a fosforilasa A (Tarrant, 1988).

4.3 Concepto de calidad de carne.

La carne constituye el producto final de un complejo proceso biológico, con múltiples facetas que se extienden desde la producción de un animal vivo a la cobertura de las exigencias del consumidor. La carne se podría definir como el producto resultante de las continuas transformaciones que experimenta el músculo tras la muerte.

La calidad de la carne es un concepto dinámico que varía con el tiempo, y responde a las necesidades de la demanda de los consumidores (Barriada, 1995). Según (Issanchou, 1996 citados por Monteiro y Peluffo, 2001) las opiniones y los hábitos de los consumidores provocan que la definición de calidad cambie de acuerdo a cada mercado. A su vez (Franco y col., 1999) también expresan la dificultad de definir el concepto de calidad debido al gran número de factores relacionados con los distintos eslabones de la producción cárnica.

Cuadro II. Características a considerar en la calidad de la carne

Características	Definición	Métodos de medición
Apreciación visual		
a) Color de la carne	Aceptable: variaciones dentro del rojo	a) Score (subjetivo) b) colorímetro (objetivo)
b) Color de la grasa	Aceptable: de crema a blanco	Idem anterior
c) Composición	Relación grasa/músculo/hueso y marmoreo	a) Análisis químico b) Video imágenes
d) Firmeza	Habilidad de retener la forma	Score (subjetivo)
e) Textura	Apreciación de la textura en una superficie cortada	a) Score (subjetivo) b) Tamaño de fibras musculares



Palatabilidad		
a) Terneza	La fuerza requerida para masticar la muestra	a) Paneles sensoriales b) Medidas mecánicas c) Medidas de colágeno d) Longitud del sarcómero
b) Sabor	Aroma y gusto de la carne	a) Paneles sensoriales b) Análisis químicos
c) Jugosidad	Contenido de humedad y estimulación de la salivación	a) Paneles sensoriales b) Capacidad retención de agua
Valor nutritivo	Fuente de proteína, aminoácidos esenciales, hierro, zinc, vitamina complejo B	Análisis químico
Seguridad Alimentaria		
a) Presencia de microorganismos patógenos	Bacterias y organismos peligrosos para la salud humana	a) Conteo de m.o. b) Detección de toxinas
b) Presencias de organismos deteriorantes	Bacterias y organismos responsables de deterioro y mal olor	a) Conteo total aeróbico b) Paneles sensoriales

Al momento de la compra la apreciación visual (color de la carne y grasa, cantidad de grasa) y el olor de la carne son los primeros aspectos considerados por el consumidor.

En cambio, la repetición de compra por parte del consumidor depende del grado de aceptación relacionado a la palatabilidad (Pringle, 2000).

4.3.1 Atributos de la calidad de la carne.

A continuación se describirán algunas características de calidad que tienen incidencia directa en la decisión de compra.

4.3.1.1 Color.

La Comisión internacional de L' Eclairage (CIE) define el color percibido como el atributo visual que se compone de contenidos cromáticos y acromáticos.

Existen tres factores de variación de color del músculo:

- El contenido en pigmentos. que es el factor intrínseco más importante; esta relacionado con la especie, la edad del animal, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.
- Las condiciones del período pre y post sacrificio (estrés, temperatura, y humedad de la cámara) que afectaran el color, al variar la velocidad de caída del pH y su valor final.
- El tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización que, debido a los procesos de oxigenación y oxidación, modificaran la apariencia de su color.

Las preferencias del consumidor por determinado aspecto del color de la grasa, blanca o amarillenta, y el color del músculo, carnes rosadas o rojas, varían en función del tipo del consumidor, de la costumbre del mercado local y, recientemente, y cada vez con mayor importancia, de la publicidad y de las técnicas de comercialización (Sañudo, 1992).

La mioglobina es la principal responsable del color de la carne. Consta de una proteína compuesta por unos 150 aa, la globina y un grupo prostético Hemo (Lawrie, 1998). En condiciones normales, la mioglobina se puede presentar en tres formas básicas: mioglobina reducida, mioglobina oxigenada u oximioglobina, y mioglobina oxidada o metamioglobina (Lopez de Torre y Carballo, 1991).

La mioglobina Fe^{2+} es el almacén de oxígeno en el músculo y su contenido en el músculo en un determinado momento depende de sus necesidades. La oximioglobina es constantemente repuesta por transferencia de oxígeno desde la oximioglobina circulante en la sangre. Al momento de la faena la mioglobina esta altamente cargada de oxígeno y el color rojo brillante de la carne recién faenada es debida a la oximioglobina. En la primera hora pos mortem, el oxígeno cae rápidamente tomando la carne un intenso color rojo púrpura debido a la mioglobina (Locker, 1989).

Dentro de un músculo determinado, la concentración de mioglobina puede ser muy diferente a distancias de tan solo 1 cm. La mayor parte de las diferencias de la superficie de la carne provienen del estado químico de las moléculas de la mioglobina (Lawrie, 1998).

4.3.1.1.1 Factores que afectan el color de la carne.

El grado de descenso del pH es uno de los factores más importantes en la determinación del color de la carne. La alimentación afecta el potencial de glicólisis del músculo y como consecuencia la conversión de músculo a carne, lo que trae aparejado el color de la misma (Webb, 2004 citado por Bidegain y col., 2007).

Estrés, fatiga y malos tratos antes del sacrificio, provocan el gasto de las reservas de glucógeno generando así una menor formación de ácido láctico, una inadecuada bajada del pH, y como resultado carnes más oscuras (Webb, 2004 citado por Bidegain y col., 2007).

Otros factores que tiene influencia sobre el color son la edad de los animales y el porcentaje de grasa intramuscular. La utilización de granos incrementa las tasas de crecimiento y engrasamiento, permitiendo faenar animales de menor edad. Los animales de mayor edad presentan mayor cantidad de mioglobina que los jóvenes, dando un color más oscuro a la carne (Bidner y col., 1986). Con la edad, sobre todo en animales que consumen pasturas, se depositan carotenoides en la grasa, lo cual hace que esta cambie del color blanco al amarillo. Estas diferencias se acentúan aún más, cuando se analizan animales que comieron granos (Schaake y col., 1993). Estos últimos presentan niveles de carotenos menores a 5 ppm, muy inferiores a los de las pasturas (mayor a 500 ppm) (Realini y col., 2004).

El contenido de grasa intramuscular también sería responsable en parte de las diferencias de la luminosidad de la carne. El incremento de la grasa intramuscular, que acontece cuando se suministra granos (asociado al color blanco), le imprimiría cierta claridad a la carne distinta de la proveniente de sistemas pastoriles (Priolo y col., 2001).

Investigaciones realizadas por (Muir y col., 1998) han encontrado diferencias en el color de carne en animales alimentados y terminados en pasturas (colores más oscuros), con respecto a otros animales provenientes de sistemas más intensivos con alta proporción de granos. Por otra parte, (French, 2000) no encontró diferencias en el color de la carne de animales de la misma edad alimentados con distintos niveles de energía (animales alimentados a granos y base de pasturas).

El color también puede verse afectado significativamente por el peso de la canal, siendo las más livianas las que tienen colores más claros, esto puede explicarse por la edad al sacrificio de los animales y/o la alimentación (Sañudo, 1992). En animales lactantes, el color de la carne es más clara debido a la anemia producida por la falta de hierro en la leche (Sañudo, 1992).

En su trabajo (Bray y col., 1989) utilizaron muestras de LD congeladas y no encontraron cambios en las medidas de color al variar el pH; los autores adjudican lo anterior a que la luz queda retenida en las capas superficiales de la carne.

4.3.1.2 Terneza.

Es la característica que determina la aceptación del producto por parte del consumidor y se refiere a la facilidad de corte durante la masticación. Es un atributo muy complejo en el cual participan factores inherentes al animal y al manejo pre y post faena, así como también la forma de preparación del producto (Santini y Depetris, 2006).

Entre los factores inherentes al animal, se encuentran el estado de las miofibrillas musculares, la cantidad y el tipo de tejido conectivo y la cantidad de grasa

intramuscular o marmoreado. Estos últimos podrían estar influenciados por el tipo de alimentación otorgada al animal (Santini y Depetris, 2006).

La terneza se relaciona con el pH en forma cuadrática, siendo mayor cuando el pH de la carne es menor a 5,8 y disminuyendo en el rango entre 5,8 y 6,3. Valores de pH superior a este último, incrementan la terneza de la carne, pero facilitan la putrefacción de la misma. Al igual que el color, incrementos de glucógeno previo a la faena permitirá descender el pH a valores inferiores a 5,8 haciendo más tierna la carne (Santini y Depetris, 2006). Por otro lado (Purchas, 1990 citados por Courdin y Fernández, 2004) menciona que el efecto de la dureza al incrementarse el pH inmediatamente por encima de 6,2 podría ser parcialmente explicado por el descenso en la longitud del sarcómero. Sin embargo, (Devine y col., 1993), sostiene que la mayor fuerza de corte es obtenida a pH finales moderadamente elevados debido a una particular estructura (gelatinización) de las miosinas adquirida a ese pH.

El sistema calpaína/calpastatina tiene un rol central en la tiernización de la carne y está muy influenciado por el pH. Las calpaínas se activan en las condiciones prevalentes en el músculo post mortem. Un alto pH (cerca de la neutralidad) mejora la actividad de las mismas y por ende la carne es más tierna (Bray y col., 1989; Flores y Rosmini, 1993).

Por otro lado (Purchas, 1990) sugiere como importantes determinantes de la terneza de la carne a las enzimas proteolíticas lisosomales, cuyo pH óptimo es ácido.

(Sañudo, 1992) explica la relación entre pH y terneza, por un aumento en la actividad enzimática a pH bajos y por un aumento en la longitud del sarcómero a pH muy altos; el autor considera que en los ovinos, la problemática es menor que en otras especies domésticas debido a que la misma presenta baja susceptibilidad al estrés.

La fuerza de corte es afectada por el peso de la canal. Los resultados obtenidos por (Sañudo, 1992) señalan que canales de peso intermedio presentan mayor dureza (Courdin y Fernández, 2004).

Altas ganancias de peso vivo previo a la faena mejorarían la terneza, por un aumento de la proporción de colágeno soluble, y por el incremento de la actividad proteolítica y glucolítica (Thompson, 2002).

Aunque el grado de engrasamiento intramuscular o marmoreado, explica sólo el 10 al 15 % de la variabilidad de la terneza, algunos autores indican que la fuerza de corte disminuye a medida que la infiltración de grasa intramuscular aumenta.

Por otro lado la edad sería un factor importante a considerar; cuando se sobrepasa los 5 años algunos grupos de músculos aumentan su dureza afectando así su calidad. Probablemente esto sea explicado por cambios en la cantidad de tejido conectivo y la solubilidad del mismo.

4.3.1.3 Capacidad de retención de agua y pérdidas por cocinado.

La carne cruda de los mamíferos inmediatamente tras el sacrificio contiene, en promedio, un 75% de agua (Lawrie, 1998), porcentaje que varía con la especie de procedencia y el músculo que se considere. Parte de esta agua se pierde con el tratamiento de la carne: por evaporación durante el enfriamiento de las canales (las de bovinos pierden hasta un 2% de su peso); por goteo, como consecuencia de la sección de los tejidos (según el grado de división de la carne puede perderse hasta

un 6%, porcentaje que puede doblarse tras descongelación y ser aún mayor en las carnes PSE (pálidas "Pale", blandas "Soft" y exudativas "Exudative"). Las mayores pérdidas de agua, sin embargo, se producen como consecuencia del cocinado de la carne, pérdidas que pueden superar el 40% (Offer y Knight, 1988).

Por lo tanto es muy importante estudiar la capacidad de la carne para retener el agua (CRA), tanto cruda como cocinada. Existen diferencias en la CRA de distintos músculos por la diferente velocidad de caída del pH, así como por el pH final (Sañudo, 1992). Otro factor que influye sobre la CRA es el estado de engrasamiento, en relación a este, (Alberti y col., 1995) en un estudio comparativo entre distintas razas españolas, observaron que las razas de canales más magras y con menor estado de engrasamiento, presentan menor CRA.

La capacidad de retención de agua de la carne mide la fuerza con que se retiene el agua dentro del músculo y esta fuertemente influenciada por las cargas electrostáticas de las proteínas musculares. Estas cargas ayudan a atraer y mantener el agua retenida en forma de iones disociados (H^+ y OH^-). Si las cargas positivas y negativas libres de las proteínas se igualan, el agua inmovilizada y libre se libera hacia fuera de la carne (Sañudo, 1992).

En el rigor mortis se alcanza un pH próximo al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, y la capacidad de retención de agua llega a su valor mínimo (Sañudo, 1992; Price y Schwigert, 1994).

4.3.2 La importancia del pH en la calidad de carne

Existen dos grandes diferencias entre el catabolismo de los carbohidratos muscular antes de la muerte y posterior a ella: una es que hay una interrupción definitiva del aporte de oxígeno sanguíneo debido al cese de la circulación, tras la muerte del animal y el otro, por la misma razón que lo anterior, hay un acúmulo de productos finales de la glucólisis que no podrán sacarse del músculo acumulándose en el mismo (Ylä-Ajos, 2006)

El pH estima el nivel de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de la carne, circunstancia que lo convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular post mortem y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma; este concepto ha sido bien explicado por Bendall (1973).

El *longissimus dorsi* LD es el músculo de elección para realizar la medición de pH. (Muñiz y Burell, 1965 citados por Tarrant y Sherington, 1980) fundamentan que el valor de pH que presenta este músculo tiene una alta correlación entre carcasas con valores de pH finales de 6 o mayores. Los autores escogieron este músculo porque era el más frecuentemente afectado, destacando además la importancia comercial del mismo.

La degradación de glucógeno no se desarrolla a la misma velocidad en todas las fases que siguen a la muerte (Pearson, 1994). Existe un aumento en la velocidad cuando se alcanza un pH en que se elimina virtualmente la resistencia de la membrana (Bate-Smith, 1948 citado por Pearson, 1994). En esta fase el músculo pierde la capacidad de contracción y se produce la libre difusión de iones a través de las membranas, anteriormente impermeables. Esto permite que el pH se uniformice rápidamente en los tejidos. A partir de dicho momento, la glicólisis continúa a una velocidad decreciente hasta que se agotan totalmente las reservas de glucógeno, o bien el pH desciende lo suficiente para inhibir la actividad enzimática (Pearson,

1994); según Bate-Smith (1948 citado por Pearson, 1994), esta inhibición se produce a un pH aproximado de 5.4- 5.5.

En un rango de pH in vivo entre 6,1 y 7, la tasa de caída del pH post mortem de vacunos es aproximadamente lineal con el tiempo.

No todos los músculos se enfrían a la misma velocidad, porque difieren en las fibras que lo componen y la tendencia hacia un metabolismo oxidativo o glucolítico. Esto puede afectar la tasa de acidificación y el desarrollo del rigor mortis (Warris, 2000).

El metabolismo muscular post mortem puede seguir un curso anormal debido a trastornos endógenos o a diversos factores exógenos. Una intensa glicólisis muscular antes o después del sacrificio va asociada normalmente a carnes de calidad deficiente, denominadas DFD (oscuras "Dark", firmes "Firm", y secas "Dry") y las carnes PSE porcinas respectivamente (Briskey, 1964 citados por Garrido y Bañón, 2000).

4.4 CORTES OSCUROS

Se define como "corte oscuro" aquellas carnes que producto de un pH final elevado, aparecen a la vista con un color rojo oscuro a café negro y que presentan una consistencia seca, dura y algo pegajosa (Apple y col., 2002) además de una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos (Lawrie, 1998). Para el consumidor final, la calidad de la carne es apreciada principalmente por su apariencia visual, su textura y su sabor, siendo el color uno de los principales factores que determina la decisión de compra (Eikelenboom y col., 2000). Por otro lado la tendencia mundial del mercado de carnes rojas estará orientada a realizar un mayor énfasis en satisfacer los requerimientos de los consumidores en términos de la calidad del producto y del bienestar animal. Las carnes DFD se producen cuando los animales son estresados previos a la faena y por consiguiente provoca una reducción de las reservas de glucógeno muscular. El rápido descenso del glucógeno muscular en el músculo vivo puede ser disparado por un mecanismo adrenérgico o por un mecanismo contráctil, o por ambos mecanismos actuando en conjunto, mientras que el ayuno prolongado produce un descenso lento. Los dos mecanismos rápidos son activados por el sistema nervioso simpático y somatomotor respectivamente, y cuando esto sucede se produce el máximo descenso del contenido de glucógeno (Tarrant, 1988).

Tal como se describió anteriormente, el término estrés se utiliza de forma genérica para describir un estado en el que el individuo se encuentra amenazado por las condiciones medioambientales en las que vive y son varios los factores que pueden desencadenar esta respuesta. Cuando el animal percibe una agresión o estímulo de cualquier índole, se produce de forma inmediata una respuesta comportamental. La respuesta comportamental se ve condicionada por factores genéticos y epigenéticos, diferentes para cada animal. Ambos tipos de factores van a contribuir al desarrollo de personalidad propia de cada individuo. Los factores genéticos marcan las diferencias entre las distintas especies y razas e incluso entre individuos de la misma raza. Entre los factores epigenéticos estarían las experiencias anteriores vividas por el animal (desarrollan la capacidad de aprendizaje del animal, permitiéndole reconocer situaciones y por lo tanto adaptarse mejor) y las circunstancias que rodean al individuo (García-Belenguer y Morméde, 1993).

El tipo de respuesta comportamental del animal puede ser muy variada; en forma general se pueden agrupar en reacciones de lucha-huída y en reacciones de derrota

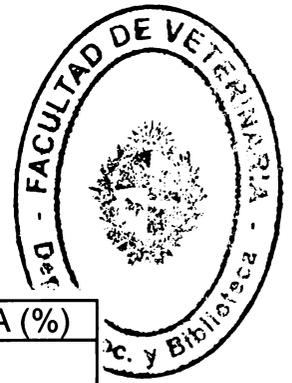
(depresión) (Henry y col, 1986 citados por Garcia-Belenguer y Morméde, 1993). Es el eje adrenal-pituitario-hipotalámico quien comanda dichas respuesta a través de sus hormonas (Price y Scheweigert, 1994). Warris (2000) detalla algunos ejemplos que describen estrés crónico, como largos períodos de ayuno, fatiga causada por transportes muy largos bajo pobres condiciones o las peleas que ocurren cuando se mezclan animales que no se conocen previamente.

El pH es determinado por el contenido de glucógeno al momento del sacrificio, la acidificación que ocurre en el músculo post mortem es causada por la formación de ácido láctico a partir del glucógeno almacenado, en el ganado descansado la concentración de glucógeno en los grandes músculos es cercana a 80 micromoles/gr. (micromoles de glucosa equivalente por gr. de tejido húmedo) y puede superar los 100 micromoles/gr. con una alimentación alta en energía. Un alto contenido de glucógeno implicara su metabolización en las células luego de la muerte, con la consiguiente producción de ácido láctico y reducción del pH a valores del orden de 5,5 (pH final) (Tarrant, 1988). Esta carne generalmente será tierna y con un adecuado color rojo. Si por el contrario, el músculo contiene menos glucógeno habrá menos ácido láctico producido y en consecuencia el pH final caerá menos, esto provocará una incapacidad de los tejidos para tomar suficiente O₂ para formar el pigmento rojo brillante, la oxymoglobina.

Un pH final de entre 5,8 y 6,2 produce una carne más dura y de color más oscuro. Si el pH se encuentra entre 6,2 y 7,0 la carne se presentara de un color muy oscuro, dura y seca hasta en la cocción (DFD) (Mirinz, 1995 citados por Carragher y Matthews, 1996).

Existen diferencias en la susceptibilidad a la aparición de DFD entre los diferentes músculos del animal, debido no solo al nivel de actividad de los mismos sino también a la diferente concentración de glucógeno muscular. Tarrant, (1988) reporta una mayor frecuencia de DFD en la musculatura trasera; agrega también que los valores más altos de pH particularmente ocurren en los músculos LD y *semitendinosus*. Warris (2000) coincide que los músculos más afectados son el LD y los grandes músculos de los cuartos traseros, por dos probables razones: en primer lugar que la musculatura, tanto del lomo como del cuarto, son más utilizadas durante las interacciones físicas que ocurren entre animales (particularmente en comportamiento de topetazos y montas), y en segundo lugar porque los patrones de depleción del glucógeno son diferentes en fibras blancas y rojas, siendo mayor en las segundas, que se encuentran a su vez en mayor proporción en estos músculos.

4.4.1 Incidencia de los cortes oscuros en los diferentes países



Cuadro III. Incidencia reportada de DFD

AUTOR	PAIS	CATEGORIAS	INCIDENCIA (%)
Pearson (1994)		s/ especificar	1-12%
		Novillos y vaquillonas	1-5%
Tarrant (1981)		Vacas	1-6%
		Toros jóvenes	11-15%
Brown y col (1990)	Reino Unido	s/ especificar	4,1%
Hald y Jensen (1992)	Dinamarca	Toros jóvenes	5%
		Vacas	2%
Christopheon y col (1980)	Canadá	Toros	9,6-18%
Matzke y col (1985)	Alemania	Toros	6,2%
Munss y Byrrell (1966)	Canadá	Toros	5,4-9,3%
Fabiansson y col (1984)	Suecia	Toros	3,4-13,2%
		Toros	26,3%
Poulanne y Alto (1980)	Finlandia	Vacas	13,6%
		Vaquillonas	12,6%
		Toros	3,6%
Dezeure-Wallays y col (1984)	Bélgica	Novillos	2,4%
		Vacas	7,2%

Si observamos en la anterior reseña resumida de la ocurrencia de cortes oscuros en el mundo, podemos apreciar la importancia del problema para la industria frigorífica. Sin embargo las comparaciones directas con otras fuentes son difíciles debido a las diferencias de criterio en el pH final utilizado como indicativo de carnes de cortes oscuros y al tipo de categoría faenada; esto último estaría influenciado por las costumbres y creencias de cada país.

En nuestro país (Barros, 1993 citados por Soares de Lima y Xavier 1997) realizó un estudio sobre la incidencia de carnes de cortes oscuros en 1852 bovinos. En este mismo trabajo se concluyó que hay mayores problemas en la faena de otoño que en la de primavera, 25,98% vs. 19,95% respectivamente (pH>6). También se identificaron factores de riesgo, producto de una encuesta realizada en 10 establecimientos frigoríficos de todo el país. Estos son la raza, edad, categoría, época de faena, alimentación, tipo de faena, etc. El mismo autor compone un perfil con alto riesgo de producir carnes con pH elevado en función de ensayos sobre 1432 reses en faenas tradicionales.

Cuadro IV. Perfil de un bovino predispuesto a sufrir cortes oscuros

Raza	1. Hereford 2. Holando
Categoría	1. Toro 2. Novillo 3. Vaca
Edad	8 dientes
Peso	250 a 300 kg carcasa
Conformación	A
Terminación	2
Machucamiento	Con lesión o hematoma
Otros	Estrés

(Barros, 1993 citados por Soares de Lima y Xavier, 1997).

4.4.2 Características de las carnes DFD

La carne DFD, también llamada como cortes oscuros o DCB (Dark, Cutting, Beef) por su nombre describe las características organolépticas de la carne alterada en comparación con la carne normal, sin embargo no hay una definición aceptada universalmente de su condición en términos de medidas objetivas con instrumentos. Bioquímicamente, la carne oscura al corte se caracteriza por una baja reserva de glucógeno y también un contenido en azúcares reducido. Estudios realizados por (Romans y Ziegler, 1974 citado por Pearson, 1994) revelaron que el contenido de azúcar extraíble con agua del músculo claro normal era de 0,18%, mientras que en la carne de vacuno algo sombreada era de un 0,11% y los cortes más oscuros solo el 0,03%. Estos resultados se correspondían con valores de pH final de 5,58, 5,68 y 6,53, respectivamente.

En lo que referente al color, uno de los criterios más importantes que utilizan los consumidores a la hora de seleccionar carne. Si éste es demasiado pálido o demasiado oscuro es discriminado en preferencia por la carne de color normal (rojo brillante) (Topel y col., 1976, Wachholz y col., 1978 citado por Warris, 2001). Es por esta razón que la comercialización de carnes DFD trae aparejado ciertas dificultades, ya que es común que el consumidor asocie su color oscuro a carne proveniente de animales viejos o a carnes almacenada en malas condiciones (Sornay y col., 1981; Prandl y col., 1994 citados por Garrido y Bañón, 2000).

El estrés pre sacrificio es considerado por Sañudo (1992), como una de las causas más importantes que afectan el color de la carne junto con el pH y CRA, pero que en el ganado ovino no es relevante por su baja susceptibilidad al estrés. Según Gregory (1998), también provoca que la metamioglobina se vuelva verde en la carne envasada al vacío, y que esta sea más proclive a la putrefacción. La concentración de pigmentos hemínicos no son diferentes en las carnes PSE y DFD; la estructura cambiada del músculo es la que causa la diferencia de apariencia (María y col., 2002 citados por Courdin y Fernández, 2004).

Wulf y col. (2002) determinaron en el músculo LD de 47 carcasas, que aquellas con cortes oscuros tienen menores valores en la lectura de color, pH final mayor y menor potencial glucolítico que las carcasas normales.

(Shackelford y col., 2001 citados por Pioli y Oyarzabal, 2006) señalan que para los consumidores de carne la característica determinante de mayor satisfacción es la ternura. Wulf y col. (2002) observaron que las carcasas DFD obtuvieron valores de fuerza de corte mayores en el *lumborum* (46%), *gluteus medius* (33%), *semimembranosus* (36%) que carcasas normales. La ternura de estos músculos, determinada por el panel sensorial, arrojó resultados similares, marcando a las carcasas DFD como las más duras.

Existen estudios que han encontrado una relación curvilínea entre el pH final y la ternura de la carne, siendo la dureza maximizada a un pH final de 5.8 a 6.0 (Purchas, 1990). A un pH inferior a 5.5 se dan las condiciones óptimas para la actividad de las enzimas proteolíticas lisosomales, determinando mayor ternura a la carne. A medida que aumenta el pH hasta valores cercanos a 6.2 existen efectos sobre la contracción muscular determinando un acortamiento en la longitud de los sarcómeros, resultando en una carne más dura. Finalmente, con pH superiores a 6.2 se favorece la proteólisis provocada por las calpaínas que tienen actividad óptima a pH cercanos a la neutralidad (Purchas, 1990). Wythes y Shorthose (1984) también señalan que cuando el pH final aumenta de 5.5 a 6.0 el músculo es firme, y que por encima de 6.0 se vuelve tierno y es blando a valores de 6.5.

No existe un concepto unificado en cuanto al efecto del uso de la estimulación eléctrica post-mortem en la incidencia de cortes oscuros; se encuentran en la bibliografía muchas conclusiones dispares. Fabiansson y Laser Reutersward (1985) observaron que la incidencia de DFD era menor en carcasas estimuladas eléctricamente; por otro lado (Dutson y col., 1982 citados por Warris, 1990) no encontraron beneficio mientras que Guerrero y col. (2004) hallaron un efecto altamente significativo en el pH de la carne de alpaca (tratadas con la estimulación eléctrica vs. el grupo control). Encontraron que esta diferencia se debe principalmente al voltaje aplicado que ocasiona un rápido descenso del pH, especialmente en el en uno de los grupos (500v/30s), lo que provocó el mayor descenso (pH: 5.1) en el menor tiempo post estimulación (2 horas). En el trabajo se constató que, en general, las carnes estimuladas registran un pH menor a 6.0 durante las 24 primeras horas post estimulación, en contraposición al grupo control, cuyo pH se mantiene en ≥ 6 . Este fenómeno pudo deberse a que la estimulación eléctrica incrementó el ciclo de contracción en los músculos, lo cual acelera el agotamiento del glucógeno de una manera más rápida y por lo tanto, ocasiona una mayor producción de ácido láctico (Hearnshaw, 1999).

Otra característica a destacar, es que a pH altos existe una mayor CRA, la cual se debe a una mayor integridad de las proteínas musculares (Garrido y Bañon, 2000); esta característica va a determinar la jugosidad de la carne. A pesar de los resultados de estos autores, la información recabada es muy diversa en lo que se refiere a esta característica, probablemente debido a que depende de muchos factores inherentes al animal como la edad, la raza, el grado de terminación, factores post mortem tales como taza de procedimientos de cocción.

Wulf y col. (2002) determinaron a través de un panel sensorial que la clasificación de la carne como DFD no afecta la jugosidad ni la intensidad del sabor; sin embargo la palatabilidad fue menor y la describieron con sabor a “maní”, “rancio” y “amargo”. En el cuadro se observa la apreciación obtenida en ese trabajo y la comparación de las características de palatabilidad entre carnes normales y DFD. Se resalta la dureza de las carnes DFD, lo que coincide con los valores hallados para fuerza de corte mediante Cizalla-Warner-Bratzler y la diferencia significativa para la palatabilidad (calidad del sabor), siendo más alta para las carnes normales.

Cuadro V. Características de palatabilidad de las carnes DFD y normales, comparación de la terneza sensorial con la fuerza de corte (W-B)

Variable	Normal (n=36)	DFD (n=11)	Error estándar	P
Fuerza de corte LD (kg)	3.72	5.47	1.24	0.0002
Panel sensorial LD				
Terneza	6.27	5.10	1.09	0.0032
Jugosidad	6.18	5.92	0.52	0.1493
Intensidad del sabor	5.86	5.80	0.37	0.6316
Calidad del sabor	5.82	5.18	0.52	0.0008
Dura o peor	0%	27%	0.001	
Medianamente dura o peor	0%	36%	0.001	
Muy tierna o mejor	44%	9%	0.033	

Valores de panel sensorial: 8= extremadamente duro, seco, suave, y sin gusto. Pioli y Oyarzabal (2006).

Según Pearson (1994) las carnes DFD son causadas por dos razones: al bajar el glucógeno ante mortem la carne va a presentar bajos niveles de carbohidratos, lo que restringe el crecimiento de las bacterias productoras de ácido láctico, por lo que aumenta el crecimiento de las bacterias que metabolizan aminoácidos y proteínas, produciéndose productos de desecho con olores desagradables. Garrido y Bañón (2000), afirman que el elevado pH también incrementa el riesgo de sufrir alteraciones por microorganismos.

Como conclusión final, las carnes DFD presentan un color más oscuro que la carne fresca normal y menor palatabilidad, lo que el consumidor asocia con carnes de mala calidad. La CRA es mayor, característica que aprecian las industrias procesadoras de alimento por su mayor rendimiento, y con la terneza aún no se ha llegado a una conclusión por la gran variabilidad en los resultados obtenidos en los diferentes trabajos. Sin duda el principal defecto de este tipo de carnes es su gran susceptibilidad al deterioro microbiano, lo cual dificulta la exportación de cortes refrigerados envasados al vacío; de todas formas muchos investigadores han concluido que la carne sigue siendo perfectamente comestible.

4.4.3 Factores que influyen en la aparición de cortes oscuros

Hay un gran número de factores que afectan la incidencia de cortes oscuros. Estos pueden influir de dos maneras: una más directa, modificando la reserva de glucógeno muscular previo a la faena, provocando que el animal llegue con menos contenido de glucógeno al momento de la faena y dicha reserva no le permita disminuir el pH último de la carne con la consiguiente aparición de cortes oscuros. La otra forma es que mediante manejos incorrectos y otros factores, provocan la disminución de glucógeno muscular previo a la faena y terminan en un mismo resultado que la anterior. Dentro de los factores que afectan la aparición de cortes oscuros tenemos: tipo de dieta, sexo, categoría y tipo racial, conformación y engrasamiento de la canal, mezcla de animales de diferentes orígenes, clima y época del año, tiempo de espera y de transporte, densidad de carga y estrés.

4.4.3.1 Tipo de dieta

Desde hace mucho se sabe que el ayuno reduce la reserva muscular de glucógeno (Bernard, 1877 citado por Lawrie, 1967). La influencia de este efecto en la calidad de la carne de los animales domésticos se ha conocido mucho más tarde. Sin embargo Carr y col. (1973) analizaron el efecto de 1, 2 y 3 días de ayuno sin encontrar diferencias significativas en el pH muscular respecto a los animales testigo. La tasa de recuperación de la reserva de glucógeno muscular depende de un adecuado consumo de alimento y del descanso; el mismo deber ser mayor a 48 horas.

Datos obtenidos de 3000 animales muestran que generalmente, los animales de feedlot tienen menos incidencia de carnes de corte oscuros que los animales engordados a pasturas. En grupos provenientes de pasturas solo el 16% de ellos tuvieron menos del 5% de incidencia de animales con valores de pH final en el músculo LD de 5.7 o mayor. En contraste, entre los grupos de feedlot, el 70% de ellos presentaron menos del 5% de incidencia de carnes con pH de 5.7 o mayor en el mismo músculo l (Shorthose, 1980).

Existen algunos antecedentes nacionales recabados durante un relevamiento de tropas en planta de faena (Carduz, 1996; Soares de Lima y col., 1997). En estos trabajos, se identificaron como factores principales que condicionan la incidencia de cortes oscuros a: prolongados tiempos de espera y tipo de alimentación (campo natural vs. pasturas mejoradas). En lo referente al último, concluyeron que los animales alimentados sobre pradera producen carne con menor pH que los alimentados en campo natural; además los autores afirman que con este tipo de alimentación se atenúan los efectos sobre el pH de otros factores como el tiempo de espera y duración del transporte. Coincidiendo, Schroeder y col. (1982) y Aalhus y col., (1992), citan diferencias significativas respecto a valores de pH, observándose valores más bajos entre 8 y 48 horas post-mortem en los animales alimentados con una dieta a base de concentrados de alta energía. Sin embargo Bidner y col. (1981) no encontrando diferencias significativas cuando compararon 3 tipos de dietas A) pastura; B) pastura más grano; C) pastura más grano más 70 días de feedlot.

Por otro lado Berge y col. (1993) con el objetivo de evaluar los posibles efectos del aporte proteico diferencial sobre la composición y calidad de las carcasas, compararon los efectos de tres tipos de alimentación con el mismo nivel de energía (silo de maíz + grano de maíz) y tres niveles (bajo, medio, alto) de proteína de grano

de soja. Como resultado los autores reportan que no hay diferencias significativas en cuanto al pH final estando el mismo en un rango de 5.4 y 5.54.

Como una alternativa para evitar cortes oscuros, (Bate – Smith, 1973 citado por Lawrie, 1967) plantean que si los animales ingieren antes de la muerte un azúcar fácilmente asimilable, se restaura la reserva de glucógeno muscular hasta un nivel lo suficientemente alto como para permitir que se alcance un pH final bajo; la teoría ha sido confirmada por Madesen (1943), Gibbons y Rose (1950) en Canadá y Wismer-Pedersen (1959) en Dinamarca.

Cuadro VI. Utilización de un azúcar fácilmente asimilable para evitar DFD

Tratamiento del grupo	Músculo	pH final
A) ayuno durante la noche	Psoas	6.0
B) 1.3 Kg de glucosa 22h y 6h antes del sacrificio	Psoas	5.54
C) ningún alimento antes del sacrificio	Psoas	5.75
D) 0.9 Kg de azúcar 3-4 h antes del sacrificio	Psoas	5.56

Grupo A y B, (Gibbons y Rose, 1950; Grupo C y D, Wismer- Pedersen, 1959; Citados por Courdin y Fernández)

Ensayos realizados muestran que animales que son sometidos a un manejo intensivo presentan a las 24 horas un pH significativamente más bajo que los animales que provienen de un sistema extensivo. Esto se explicaría por que los animales pertenecientes a sistemas intensivos reciben una alimentación superior en lo que se refiere a cantidad y/o calidad y son manejados de tal forma que tienen mayor contacto con el hombre; todo esto hace que estos animales estén en mejores condiciones para afrontar el estrés que sufren desde la salida del establecimiento hasta su faena.

4.4.3.2 Grado de terminación

El espesor de la grasa subcutánea es frecuentemente relacionada con el rendimiento de carcasa (característica cuantitativa), pero a veces es incluida como una característica cualitativa. Esta indica esencialmente lo mismo que la grasa intramuscular, es decir si el animal fue terminado con una dieta de alta o baja energía, y tiene un efecto directo sobre la velocidad de enfriamiento del músculo por sus propiedades como aislante.

Cuadro VII. Relación de cobertura de grasa sobre la incidencia de cortes oscuros.

Autores	Hallazgos
Jones y Tong (1989) Murray (1989)	Observaron mayor incidencia de DFD en aquellas carcasas más livianas (<275) Coinciden con lo anterior

En un estudio realizado en nuestro país, Soares de Lima y Xavier (1997), observaron el grado de terminación y el pH a las 24 hs; los resultados se detallan en el cuadro.

Cuadro VIII. Grado de terminación vs pH a las 24 hs.

Grado de terminación	pH 24
1	6.125 ^a
2	6.034 ^a
3	5.775 ^b

a,b Medidas en igual columna con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Soares de Lima y Xavier (1997)

Estos resultados fueron coincidentes con los encontrados por Aalhus y col. (1992); según este autor, la mayor cobertura de grasa produce, debido a su efecto aislante, una menor tasa de enfriamiento de la carne, alcanzándose, por tanto, un pH final inferior.

Todos estos factores están íntimamente relacionados entre si; los animales con mayor peso vivo, mejor conformación y mayor condición corporal son los que han sido alimentados con una dieta de alto contenido energético, que indican indirectamente la concentración de glucógeno que hay en el músculo. Por otro lado, como lo explican algunos autores, la cobertura de grasa provocaría un aislamiento de la carcasa y el enfriamiento de la misma ocurriría más lentamente, de esta manera la tasa de descenso del pH de una carcasa de este tipo sería mayor y el pH más bajo que el de una carcasa con poca cobertura de grasa.

4.4.3.3 Sexo, edad y tipo racial

Los autores coinciden en que la categoría con mayor incidencia de DFD son los toros, ya sea por su carácter y comportamiento social o por su actividad sexual, que determinan dominancias dentro de los grupos, situaciones que se exacerban cuando se introducen animales nuevos al grupo. Otros afirman que la edad es un factor importante tanto en machos como en hembras.

Cuadro IX. Incidencia de cortes oscuros según sexo y categoría.

Autor/ es	Categoría más propensa
Warris (1990)	Mayor incidencia en toros jóvenes*
Shorthose (1988)	Toros y vacas son los más susceptibles Animales sexualmente inmaduros tienen pocas
Carragher y Matthews (1996)	características de comportamiento que afecten la calidad de la carne
Kenny y Tarrant (1988)	Vacas y vaquillonas sobre todo si estas últimas son Faenadas en celo

Esta diferencia podría ser debida a la mayor edad a la faena, pero también señala que existe la evidencia de que toros jóvenes faenados a la misma edad que novillos, tuvieron pH final más alto que los últimos.

En lo que respecta a la raza, se han realizado diversos trabajos de investigación con el propósito de cuantificar la incidencia del genotipo sobre la aparición de carnes de elevado pH final. La dificultad de esta tarea consiste en lograr aislar el efecto genético que pudiera existir, de otros factores tales como el temperamento o la adaptación de las diferentes razas a los diferentes ambientes.

(Tyler y col., 1982 citados por Soares de Lima y Xavier, 1997), realizaron un ensayo para analizar posibles diferencias genéticas entre *Bos Indicus* y *Bos Taurus* utilizando 302 novillos cruce Cebú y 254 de razas Británicas, encontrando valores de pH a las 24hs. significativamente más bajos en los animales cruce Cebú. Sin embargo, consideraron que estas diferencias podrían ser el resultado de la adaptación del ganado Británico al clima tropical, puesto que el ensayo fue realizado en Queensland, al noreste de Australia. Esta peor adaptación al calor provocaría una mayor fatiga durante el viaje, dando lugar a carnes con menores niveles de glucógeno al momento de la faena.

Cuadro X: Efecto del genotipo sobre el pH a las 24 Hs.

Raza	pH24
Cruza Cebuina	5.879 ^a
Hereford	5.946 ^a
Holando	6.213 ^b

a,b Medias en igual columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.0005$). (Soares de Lima y Xavier, 1997)

Soares de Lima y Xavier (1997) encontraron que los novillos de la raza Holando tuvieron significativamente mayor valor de pH ($p < 0.0005$) que lo de las razas Hereford y cruza Cebuinas, pero consideraron que los novillos Holando fueron muy pocos ($n=38$) como para estimar esas diferencias con exactitud.

Los sistemas invernadores extensivos faenan los animales con mayor edad, la misma tiene un efecto significativo sobre el pH a las 24 hs (Soares de Lima y Xavier, 1997). Por el contrario, Lawrie (1961) no reporta diferencias debidas a esta variable.

4.4.3.4 Temperatura.

Otro factor que puede resultar estresante y agotar la reserva de glucógeno en los animales previo al sacrificio es la temperatura. Cuando el ganado es transportado por largas distancias, tiene mayores probabilidades de que ocurran variaciones importantes en las condiciones climáticas. Los efectos del clima resultan aún más extremos desde el momento que los animales no pueden desarrollar sus mecanismos instintivos para evitar condiciones extremas (Soares de Lima y Xavier, 1997).

Cuadro XI. Temperatura e incidencia de DFD

Shorthose (1980)	Ganado Brahman soporta altas temperaturas y tiene < incidencia de DFD que ganado británico en igual condiciones.
Jones y Tong (1989)	> incidencia de DFD con promedios altos de temperaturas.
Fisher (1981)	No encontró efecto de la temperatura sobre la ocurrencia de DFD transportando ganado por 2, 12 y 36 grados C.

Con respecto a la estación del año en que se realiza la faena, varios trabajos de investigación han detectado un efecto estacional en la incidencia de DFD.

En Uruguay, Carduz, (1996), no observó un comportamiento claro de la estación del año en un relevamiento en frigorífico sobre 6458 animales muestreados; existió una

tendencia a la producción de valores más altos de pH de la carne en verano e invierno. Sin embargo, Soares de Lima y Xavier (1997) encontraron un efecto significativo de la época del año sobre el pH a las 24Hs; reportaron los mayores valores de pH en invierno comparado con el otoño (6.05 vs 5.83, respectivamente) así como mayores rechazos de canales por alto pH (78% vs 47%, en invierno y otoño, respectivamente).

4.4.3.5 Transporte.

El transporte por naturaleza es un evento desconocido y castigador en la vida de los animales domésticos en el cual, son extraídos de su ambiente, cargados y descargados de los vehículos, y son encerrados en corrales de espera. Además son privados de comida y agua, expuestos a factores como ruidos y olores no familiares, vibraciones y cambio de aceleración, temperaturas extremas, reagrupamiento social, confinamiento y sobrepoblación (Warris, 1990; Schaefer y col., 1997). Estos factores estresantes frecuentemente afectan las respuestas comportamentales y fisiológicas de los animales, algunas de las cuales, si son extremas, contribuyen a reducir la calidad de la carne y la carcasa (Warris, 1990; Tarrant, 1990). Otro factor a tener en cuenta a la hora de transportar ganado es la densidad de carga, que expresa los kg de peso vivo por mt² de jaula. La densidad de carga usada en la práctica depende de muchas variables como tamaño, edad, tipo de animal, si el ganado va a faena o no, la distancia a recorrer, el tipo de camión y la temperatura ambiente.

Cuadro XII. Densidad de carga

Autor	País	Densidad de carga Kg/m ²
Knowles (1999) (FAWC)	Inglaterra	360/m ²
Gallo y col (2000)	Chile	500/m ² *

*Los autores creen que deberían disponerse de más de 1 mt² cada 500 kg. de peso vivo en viajes de más de 12 horas. Altas densidades de cargas afectan negativamente el bienestar animal y disminuyen la calidad de las carcasas, aumentando el grado de machucamiento, cuando es comparada con una densidad medio o baja. Por otro lado las pérdidas de balance estaban explicadas por los eventos de manejo principalmente por frenadas y curvas.

4.4.3.6 Tiempo de transporte

En general los viajes largos son muy estresantes para los animales y muchas veces los mismos son faenados sin que se les permita una adecuada recuperación, surgiendo como consecuencia carnes con alto valor de pH final (Pioli y Oyharzabal, 2006; Huertas, 2008). Se ha observado que es bajo el porcentaje animales a los que, después de brindarles 4 días de recuperación previo a la faena y luego de un viaje de 1300 km., presentan pH > 5.8 en el músculo, respecto a animales a los que se les brinda 2 días de descanso luego de un viaje de similares características (Shorthose, 1980 citados por Soares de Lima y Xavier ,1997). A nivel nacional, Carduz (1996) encontró que el pH aumenta en los animales transportados por más de 9 horas, mientras que transportes comprendidos entre 6 y 9 horas no producen

alteraciones mayores en pH. Este autor encontró que los pH también aumentan cuando la distancia de transporte supera los 300 km. y los animales deben esperar cierto tiempo antes de ser sacrificado. Sobre el mismo tema Pioli y Oyharzabal (2006) en un ensayo de diseño factorial evaluaron 2 distancias de transporte y 3 tiempos de espera para la faena, no encontrándose diferencias significativas en valores de pH a las 24 hs post mortem y solo evidenciándose una leve tendencia en la probabilidad de encontrar pH mayores a 5.7 cuando la duración del transporte y el tiempo de espera en frigorífico eran mayores.

4.4.3.7 Tiempo de espera previo a la faena

El tiempo de espera sería el tiempo que transcurre entre el arribo de la tropa al frigorífico y el momento de la faena y es otro de los factores que inciden en la aparición de los cortes DFD. El tiempo de espera permite descansar al animal, recuperándose del viaje y adaptándose al nuevo ambiente, de este modo puede recuperar las concentraciones de glucógeno muscular (Wythes y Shorthose, 1984). Es importante destacar el tiempo que le lleva al músculo esa recuperación: se necesitan entre 3 y 11 días para llegar a las concentraciones iniciales, dependiendo del sexo del animal, el mecanismo de depleción y la comida ofrecida en el periodo de recuperación (Mc Veigh y col., 1979; Lacourt y Tarrant, 1980; Mc Veigh y Tarrant, 1980; citados por Warris, 1990). El descanso es efectivo cuando los animales no son perturbados por los ruidos y las actividades del frigorífico; si se dan estas condiciones las concentraciones de glucógeno muscular se recuperan y el pH final llega a 5.5 (Wythes y Shorthose, 1984). Se deben tener en cuenta que las diferencias en el tiempo de espera llevan implícito tres efectos: a) el estrés al que son sometidos los animales al encontrarse en un ambiente desconocido y que los podría afectar diferencialmente según el tiempo que permanecen en la planta; b) el ayuno al que son sometidos los animales, puesto que a partir del arribo al frigorífico no reciben alimento y, c) la combinación de ambos podría magnificar el efecto que poseen estos factores aisladamente. Con respecto al ayuno, la mayoría de los autores reconocen que el ayuno como factor aislado tendría muy poco efecto sobre la calidad de la carne debido a su influencia sobre el contenido de glucógeno muscular (Lawrie, 1958; Carr y col., 1973). Sin embargo, el ayuno disminuye sustancialmente la tasa de recuperación glucogénica del músculo, al punto de hacer improbable que un animal en ayuno con el glucógeno agotado, sea capaz de recuperar suficiente glucógeno como para asegurar una calidad de carne adecuada (Lawrie, 1958). También referido al ayuno, la mayoría de los autores afirman que a mayor tiempo de ayuno disminuye el peso de la canal caliente, ya sea en un encierro en el predio (Carr y col., 1971; Jones y col., 1988) o en los corrales de espera en frigorífico (Wythes y col., 1980; Wythes y col., 1984; Soares de Lima y Xavier, 1997; Hargreaves y col., 2004).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 LUGAR

El presente trabajo se llevo a cabo en la estación experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, ruta 3 km 363 en el departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9" lat. Sur y 58° long. Oeste, 61 m s. n. m.) durante los meses de abril y mayo 2006.

5.2 SUELO

El suelo del área experimental pertenece a la unidad San Manuel, formación Fray Bentos con textura limo arcillosa. Conforme a la clasificación de suelos Soil Taxonomy, pueden ser caracterizados como Argiduales típicos, encontrándose Natrudales como suelos asociados. El relieve es pendientes moderadas y lomadas suaves (Boggiano y col., 2005.)

5.3 PASTURAS

El área está destinada a la cría de ganado desde hace más de 20 años, manteniéndose como "campo virgen", según sugiere la aparición de varias especies indicadoras que así lo caracterizan: *Bromus auleticus*, *Dorstenia spp* y *Geranium albicans*. La vegetación presenta especies arbustivas características, siendo *Acacia caven* (Espinillo) la dominante. Conjuntamente con estos arbustos aparece un tapiz herbáceo dominado por gramíneas cespitosas de variable valor pastoril. (Boggiano y col., 2005.)

5.4 ANIMALES

Se utilizaron 40 vacas de invernada raza Hereford adultas, provenientes del rodeo de la estación experimental y que pastoreaban en los campos de la misma; al comienzo del experimento el peso vivo promedio fue de 458.3 ± 43.6 Kg y fueron manejadas sobre campo natural. Los animales fueron identificados con caravanas plásticas propias del establecimiento; luego fueron estratificadas por peso y estado corporal, asignándoles dos tratamientos:

Tratamiento 1: Testigos no suplementadas

Tratamiento 2: Suplementadas con concentrado.

El período de suplementación, consistió en un acostumbramiento gradual durante 10 días, seguido de un período de evaluación de 20 días. La rutina se basó en juntar el ganado en las mangas entre las 8 y 9 de la mañana, y colocar sobre comederos de madera la ración; la misma estaba compuesta por 40 % de maíz y un 60% de cebada (grano quebrado), y se suplementó a razón de 1 % de peso vivo.

5.5 DETERMINACIONES POSTMORTEM O EN PLAYA DE FAENA

La faena se llevó a cabo en el frigorífico Casa Blanca S.A. (Paysandú) mediante faena tradicional con los procedimientos tradicionales de planta, y el criterio utilizado fue a fecha fija, luego de terminado el periodo de suplementación. Los animales fueron trasladados bajo las mismas condiciones (el mismo día del embarque y con el mismo tiempo de espera previo a la faena); se realizó el seguimiento de la carcasa dentro de la playa de faena a través de etiquetas que la acompañaron durante todo el transcurso de la misma. A las 24 horas postmortem se tomaron muestras del músculo LD entre la 11ª y 12ª costilla y se identificaron cada una de ellas.

5.5.1 Peso vivo

El peso vivo de los animales se determinó de forma individual en la planta de faena.

5.5.2 Peso de la res (peso en 2ª balanza)

El peso se registró dentro de la planta de faena luego de la extracción del cuero, cabeza, extremidades y vísceras y de la división de la res.

5.6 DETERMINACION INSTRUMENTAL DE LA CALIDAD DE LA CARNE

5.6.1 Determinación de pH y temperatura

Se midió el pH y la temperatura a las 0, 3, 6, 8, 12, y 24 hs postmortem en la porción lumbar del músculo LD, entre la 11ª y la 12ª costilla en la media canal izquierda. El equipo utilizado fue un Cole Palmer 59002 con electrodo de penetración.

5.6.2 Color

La determinación se realizó en forma objetiva utilizando un Colorímetro Minolta ® (modelo C-10), extrayendo los parámetros L*, a* y b*.

- L* (grado de reflectancia de la luz)
- a* (variación de color entre el rojo y el verde)
- b* (variación de color entre el amarillo y el azul). INIA (TBO) Ing Agr PHD Gustavo Britos Laboratorio tecnológico de la carne. Programa nacional de bovinos para carne.

Las medidas de los parámetros de calidad de carne fueron realizadas en el Laboratorio de Carne de la Estación Experimental "Dr Mario A Cassinoni" de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

5.6.3 Capacidad de retención de agua

Para la medición de la CRA utilizamos el método de pérdida por compresión (Pla, 2000), de una muestra de LD. Se utilizó una balanza electrónica GRAM Precision, GX-600 (0.05); se pesaron 5 gr de la muestra, machacada, libre de grasa y tejido conjuntivo que se colocó entre dos papeles de filtro y este entre dos placas de vidrio, a las cuales se les aplicó una presión de 2250 gr durante 5 minutos. Posteriormente se retiró la presión y se volvió a pesar solo la carne. La CRA se expresa en porcentaje de jugo expedito, calculándose como: $100 - \frac{\text{peso de la muestra post presión (grs.)}}{\text{peso de la muestra antes de la presión (5grs)}} * 100$.

5.6.4 Pérdidas por cocción

Se determinó la PPC utilizando la técnica descrita por Pla (2000), de muestras de LD, a la altura de la 11 y 12 costilla. Las muestras luego de maduradas fueron pesadas, envasadas en bolsas de nylon y selladas herméticamente, manteniendo siempre la identificación. Luego se sometieron a cocción en baño María a 75 grados centígrados durante 45 minutos, finalizado el tiempo las muestras fueron retiradas y enfriadas en agua corriente. Posteriormente se extrajeron las bolsas, se secaron para eliminar el jugo que permanecía adherido y se pesaron para obtener el peso post cocción. Las PPC se expresan en porcentaje, siendo la diferencia entre el peso antes de la cocción y el peso luego de la cocción en relación al peso antes de la cocción.

5.6.5 Terneza instrumental

Para la determinación de la textura se utilizó el método de Warner-Bratzler, un método mecánico de corte o cizalla descrito por Beltrán y Roncáles (2000). Este mide la fuerza necesaria (medida en kg) para cortar un cilindro de carne de 1,27 cm de diámetro cocinada a 70° C en el centro térmico, con una cuchilla de borde romo de 1 mm de espesor. Las muestras fueron analizadas con una maduración de 7 días entre 0 y 4° C.

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño utilizado fue de bloques al azar.

El efecto de los tratamientos sobre las ganancias diarias, fue estudiado ajustando un modelo lineal general con la siguiente forma general.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta PV_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} es la variable de respuesta (ganancia diaria)

μ es la media general

τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

β es el coeficiente de regresión de la covariable peso vivo inicial (PV_{ij})

ε_{ij} es el error experimental

El efecto de los tratamientos sobre las características de la canal y carne (color, pérdidas por cocción, terneza, pH, temperatura), fue estudiado ajustando un modelo lineal general más simple que el anterior, con la siguiente forma general.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} es la variable de respuesta

μ es la media general

τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} es el error experimental

El efecto de los tratamientos en el grado de terminación, se estudió ajustando un modelo lineal generalizado asumiendo distribución multinomial ordinal de la variable medida. Los perfiles de los tratamientos en su grado de terminación, se obtuvieron como tablas de contingencia.

Para el análisis de las distintas variables se utilizó el análisis de varianza del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Valores productivos de los animales control y suplementado.

Cuadro XIII. Valores de ganancia diaria y variables de la canal de los tratamientos evaluados (medias y errores estándar).

Variables	Control	Suplementado
GD (gr/día)	-0.002 ^a ± 0.04	0.04 ^a ± 0.04
PVF (Kg)	431.9 ^a ± 2.1	434.8 ^a ± 2.1
Rendimiento canal (%)	48.4 ^a ± 0.35	50.6 ^b ± 0.35

GD= ganancia diaria, PVF= peso vivo final. NS= no significativo
Letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente.

En Uruguay, las ganancias de peso en campo natural, en suelos de areniscas y basalto varían entre 330 y 360 gr/día. Estas diferencias varían según la estación del año de acuerdo a la producción de forraje de las mismas (Caravia y Gonzalez, 1998).

En el cuadro XIII, se presenta la ganancia diaria para ambos grupos en el período experimental; como se puede observar no tuvo diferencias significativas, siendo las ganancias muy bajas considerando la época del año en que se realizó el experimento.

Las diferencias de peso observadas en nuestro trabajo no coinciden con las reportadas por Capellari y col (2000), quienes reportan ganancias que oscilan entre 500 y 700 gramos/día en el grupo suplementado (pulpa de citrus) y entre 160 y 437 en el grupo control. Estas fueron a su vez muy inferiores a las reportadas por Caravia y Gonzalez (1998), Habich y col. (1975, citados por Josifovich y col., 1997), autores que obtuvieron aumentos del orden 0,400 a 1kg por día. Sin embargo Del Curto y col. (2000), concluyen que las suplementaciones energéticas administradas con forrajes de mala calidad ejercen poca o ninguna influencia sobre la performance. Una de las causas que podría explicar las bajas ganancias diarias registradas en el presente trabajo es la baja disponibilidad de forraje, consecuencia de las escasas lluvias registradas en ese período. Por otro lado, los resultados podría deberse al poco tiempo de adaptación que tuvieron los animales suplementados a la dieta; coincidiendo con lo reportado por Morris y col. (1997) y Caravia y Gonzalez, (1998), autores que registraron pérdidas de peso durante el acostumbramiento. En lo que respecta al PVF, no se registraron diferencias significativas entre grupos; por tanto la suplementación durante el período realizado no tuvo el efecto esperado. La condición corporal, tamaño y peso al inicio del ensayo pueden haber condicionado el peso vivo final. En relación al grado de terminación (cuadro XIV) existió una tendencia a presentar valores superiores en el grupo suplementado con respecto al control, lo que podría llegar a explicar el mejor rendimiento del grupo suplementado. Esto coincide con la bibliografía, la cual menciona que al aumentar el nivel de engrasamiento se incrementa el rendimiento (Arbiza y De Lucas, 1996) debido a que se deposita mayor cantidad de grasa a la canal, en relación a las partes que no la constituyen (Berg y Butterfield, 1978). Tal como se describió, el rendimiento de la canal expresa la proporción del animal vivo que es aprovechable como res y es uno

de los factores que afectan directamente la calidad de la canal y el beneficio económico tanto para el productor como para la industria (Franco y col. 2002). Como lo muestra el cuadro XIII existió un efecto del tratamiento sobre el rendimiento. La diferencia entre ambos tratamientos se puede explicar por el tipo de dieta que recibió cada uno. Se han reportado disminuciones en el rendimiento de la canal (de hasta 3.8%) de animales alimentados con una dieta en base a forraje, en relación a los alimentados con concentrados (Preston y col., 1969 citados por Berg y Butterfield, 1978). Los rendimientos obtenidos en el ensayo serían similares los reportados por Müller y col., (1992) quienes trabajando con vacas de razas carniceras, alimentadas con pasturas nativas subtropicales, reportaron rendimientos de entre 49 y 50%.

6.2 Porcentaje de carcasas según grado de terminación

Cuadro XIV. Porcentaje de las canales según grado de terminación tipificadas por la escala de INAC.

Grado de terminación	C	S
1	35	30
2	65	65
3	0	5

Grado 1: poca o escasa cobertura de grasa

Grado 2: cobertura media de grasa

Grado 3: carcasas con mayor cobertura de grasa y por ende mejor grado de terminación.

Como se puede apreciar en el cuadro, hay una leve diferencia a favor del grupo suplementado, con mayor cantidad de carcasas que presentan mejor grado de terminación. Esta diferencia no sería importante si se toma en cuenta la cantidad de animales que representa el 5% con grado 3 en un grupo de 20 animales. El resultado coincide con el trabajo realizado por Morris y col.; 1997, en el cual no se encontraron diferencias significativas en el espesor de grasa dorsal realizado entre la 12^a y 13^a costilla entre los grupos alimentados con concentrado+pastura y pastura únicamente.

6.3 Temperatura

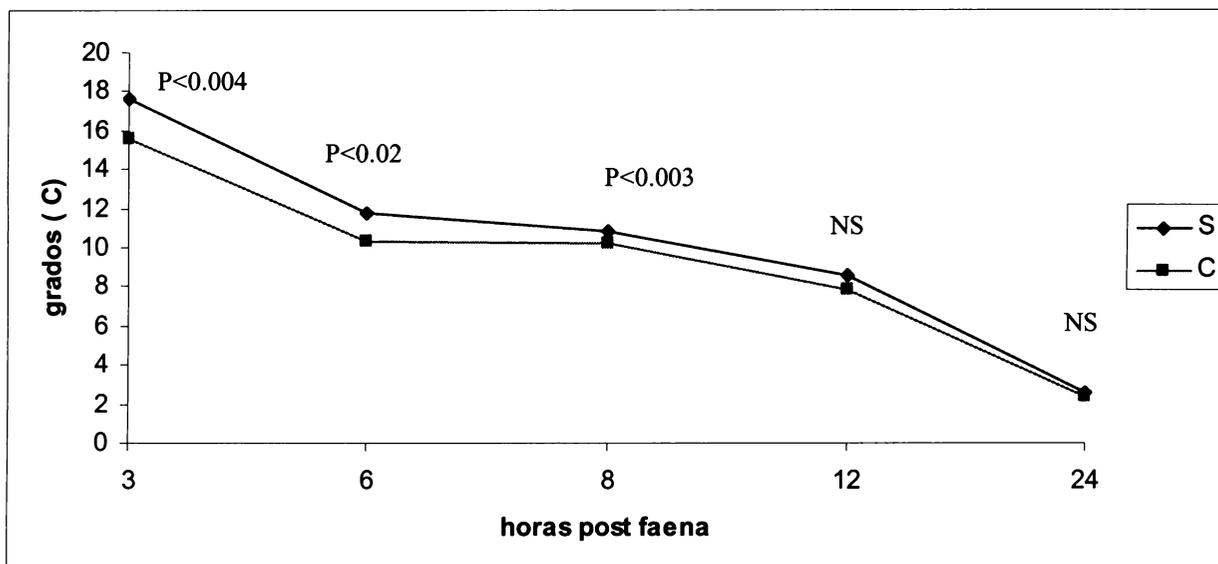


Figura 1. Evolución de la tasa de descenso de la temperatura durante las 24 hs. post- mortem en el *longissimus dorsi*.
S= suplementado, C= control

En lo que respecta a la temperatura, se observa que existió diferencias significativas a las 3, 6 y 8 hs. post mortem (Fig. 1); esto podría ser debido a que el grupo suplementado presentó mayor PVF, mayor rendimiento y porcentualmente mas carcasas con mayor grado de terminación. Como consecuencia de estos factores el descenso de la temperatura se produce con menor velocidad en los animales suplementados. Los anteriores resultados son coincidentes con los encontrados por Aalhus y col. (1992) y Soares de Lima y Xavier (1997); según estos autores, la mayor cobertura de grasa produce, debido a su efecto aislante, una menor tasa de enfriamiento de la canal. Todos estos factores están íntimamente relacionados entre si, por lo que es esperable que los animales con mayor peso vivo, mejor conformación y mayor condición corporal, muestren una diferencia en la tasa de descenso de temperatura similar a la que obtuvimos en nuestro experimento. En nuestro trabajo, las diferencias que registramos en: ganancia diaria, PV, pH, temperatura, color, CRA, no fueron marcadas; esto podría ser explicado por el bajo plano nutricional (pasturas) y corto período de suplementación experimentado por los animales.

6.4 Curva de descenso de pH

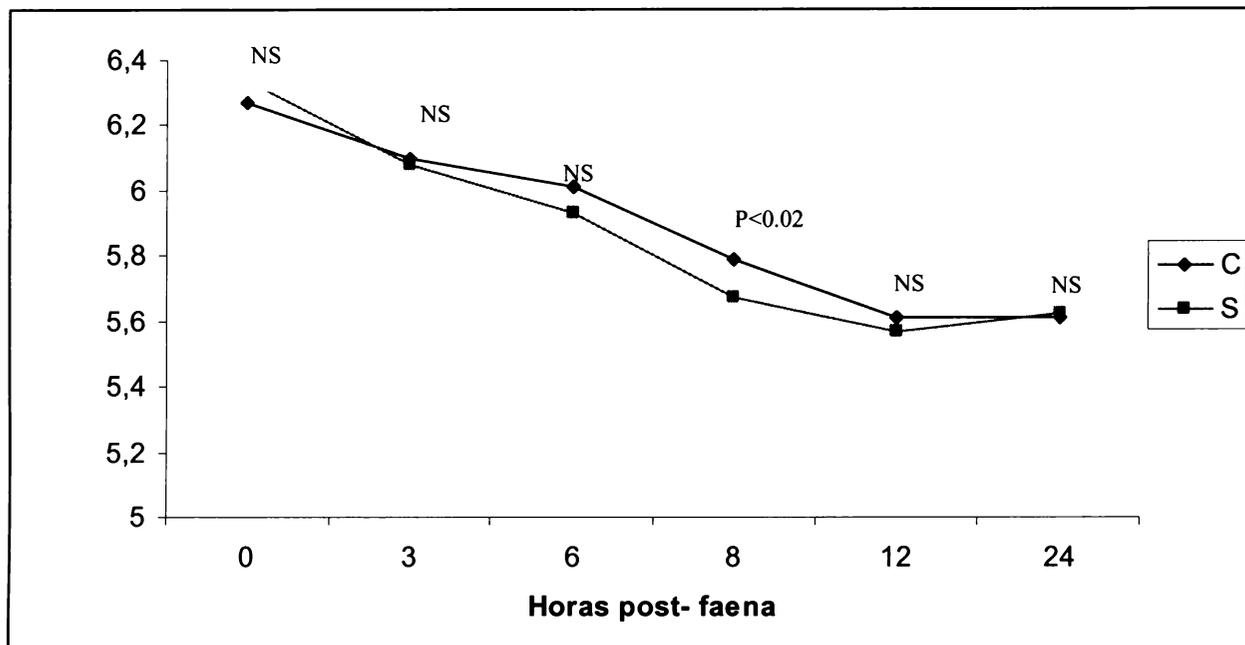


Figura 2. Evolución de la tasa de descenso del pH durante las 24 hs. post- mortem. S= suplementado, C= control

Para que el envasado al vacío tenga éxito y se logre prolongar el tiempo de vida útil de la carne al máximo, es fundamental contar con carne de buena calidad, lo cual implica que el pH en el momento del envasado tiene que ser igual o inferior a 5.8 (Price y Scheweigert, 1994). De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo esto se logró con todos los tratamientos y no hubo diferencias significativas entre los valores de pH final. De la interpretación del gráfico anterior (Fig. 2), se evidencia una diferencia significativa del pH a las 8 hs entre el grupo suplementado vs control; a pesar de esto, cabe destacar que a las 24 hs. no se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos. Estos valores estuvieron en promedio por debajo de 5.8. Análogos resultados obtuvo Caravia y Gonzalez. (1998) en comparables condiciones de alimentación. A si mismo con planos nutricionales más altos Bidegain y col. (2007), Bidner (1981,1986), Schroeder y col (1982) y Morris y col. (1997) obtuvieron similares resultados.

Carduz (1996), Soares de Lima y Xavier (1997) concluyeron que los animales alimentados sobre pradera producen carne con menor pH que los alimentados en campo natural y afirman que con este tipo de alimentación se atenúan los efectos sobre el pH de otros factores como el tiempo de espera y duración del transporte.

6.5 Color

Cuadro XV. Valores de color de músculo para los parámetros L*, a* y b* en los ambos tratamientos.

Tratamientos	L*	a*	b*
C	36.54 ^a ±0.25	16.39 ^a ±0.32	11.04 ^a ±0.18
S	36.47 ^a ±0.25	17.25 ^a ±0.32	11.48 ^a ±0.18

Letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente (P>0.05).

C: control, S: suplementado. L*= luminosidad, a*= índice de rojo, b*= índice de amarillo.

En lo que respecta al color no hubo diferencias significativas entre grupos estudiados. Similares resultados obtuvieron Morris y col., (1997) para los parámetros L*, a* y b* en animales suplementados por 30 días con un periodo de adaptación de 28 días. Esta característica puede verse influenciada por muchos factores, entre los que se destaca la curva de descenso del pH. (Muir y col., 1998 y French y col., 2000), han encontrado diferencias en el color de carne en animales alimentados y terminados en pasturas (colores más oscuros), con respecto a otros animales provenientes de sistemas más intensivos con alta proporción de granos. El contenido de grasa intramuscular también sería responsable en parte de las diferencias de la luminosidad de la carne. El incremento de la grasa intramuscular, que acontece cuando se suministra granos (asociado al color blanco), le imprimiría cierta claridad a la carne, distinta de la proveniente de sistemas pastoriles (Priolo y col., 2001).

Cuadro XVI. Evaluación de PPC, CRA y WB.

VARIABLES	C	S
PPC	32.46 ^a ±0.44	32.02 ^a ±0.44
CRA	17.1 ^a ±1.29	17.2 ^a ±1.29
WB	5.54 ^a ±0.31	5.05 ^a ±0.31

Letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente (P>0.05).

PPC= pérdidas por cocinado, CRA= capacidad de retención de agua, WB= Warner-Bratzler.

El valor del pH muscular en distintos momentos durante la transformación de músculo en carne, así como su valor final, afecta varios parámetros relacionados con la calidad de la carne, especialmente el color, la CRA y la textura (Hood y Joseph, 1985, citados por Franco, 1997). Como se puede apreciar en el cuadro XVI, tanto la PPC (expresada como porcentaje de jugo expelido) como la CRA no se vieron afectadas por ningún tratamiento; esta última variable está dentro de los parámetros normales y es similar a los reportados por Ruiz de Huidobro y col.

(2003), en donde se encontraron valores de 18.35% en bovinos hembras de 236 kg (peso canal).

En relación a las PPC tampoco existieron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo suplementado; estos valores son similares a los reportados por Morris y col., (1997), quienes encontraron valores de entre 27 y 30.4 para hembras con diferentes tratamientos de alimentación. Como lo muestra el cuadro XVI no existieron diferencias significativas entre tratamientos, aunque se puede observar una leve tendencia de presentar carnes más tiernas cuando los animales fueron suplementados, coincidiendo con lo reportado por Davies y Mendez, (2005), Latimori y col., (2005) En contraposición, Morris y col. (1997) encontraron diferencias significativas, obteniendo carnes más tiernas con animales alimentados a pasto que con suplementos y con los de feedlots; a su vez la relación de pH con terneza para este experimento no coincide con lo expresado por Purchas (1990), autor que señala que existe una relación curvilínea entre el pH y la textura de la carne.; a valores de pH inferiores a 5.5 la carne es más tierna, pero a medida que aumenta a valores de 6.2 se vuelve más dura. Asumimos que la tendencia que se presentó en nuestro experimento podría haber sido significativa si no se hubiese sucedido tan bajo registros de lluvias en comparación con los promedios históricos de la zona y por ende si los animales hubiesen ganado peso; esto llevaría a la obtención de canales más pesadas. Lo antedicho es afirmado por Thompson, (2002) y Muir y col., (1998) en sus trabajos, quienes reportan que altas ganancias de peso vivo previo a la faena mejoran la terneza por un aumento de la proporción de colágeno soluble y por el incremento de la actividad proteolítica y glucolítica.

7 CONCLUSIONES

- No se obtuvieron diferencias significativas en las ganancias diarias y el peso vivo final.
- Se registraron diferencias significativas en rendimiento de la canal lo que podría ser explicado por un mayor desbaste pre faena del grupo suplementado.
- Se registraron diferencias en el pH 8 hs post-mortem, aunque no se evidenciaron diferencias a las 24 horas.
- La temperatura, las diferencias significativas se evidenciaron a las 3, 6 y 8 post-mortem y no así en las 12 y 24 horas post-mortem.
- No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros de color, PPC, CRA, y terneza, obteniéndose una leve tendencia a mayor terneza en el grupo suplementado.

Consideraciones finales

- Teniendo en cuenta que las condiciones en que se realizó el ensayo no fueron las ideales en lo que se refiere a clima y disponibilidad de forraje, entendemos que podría obtenerse información valiosa si se repite el mismo haciendo hincapié en prevenir o corregir los factores anteriormente mencionados.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Aalhus, J.L.; Jones, S.D.; Tong, A.K.W.; Jeremiah, L.E.; Robertsom, W.M.; Gibson, L.L. (1992). The combined effects of time on feed, electrical stimulation and ageing on beef quality. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 525-535.
2. Albertí, P.; Sañudo, C.; Santolaria, P.; Negueruela, I. (1995). Variación de la calidad de la carne, de las medidas de la canal y de los parámetros productivos de añejos de seis razas españolas. *ITEA*, 16 (2): 627-629.
3. Apple, J.K.; Kegley, E.B. ; Boger, C.B. ; Roberts, J.W. ; Galloway, D. ; Rakes, L.K. (2002). Effects of restrain and isolation stress on physiology and the incidence of dark-cutting longissimus muscle in Holstein steers. *Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series* 499, 73-77.
4. Arbiza, S.; De Lucas, J. (1996). Producción de carne ovina. México. Mexicanos Unidos. 167p.
5. Barriada, M. (1995). Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. *Bovis*. 66: 95-111.
6. Beltrán, J. A.; Roncalés, P. (2000). Determinación de la textura. En: Ministerio de Ciencia y Tecnología. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid. INIA, p 169-172.
7. Bendall, J.R. (1973). Postmortem changes in muscle. En: Bourne, G.H. The structure and function of muscle, volume II. New York, Academic Press. pp 243-309
8. Berg, T.; Butterfield, R. (1978). Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza, Acribia. 3092 p.
9. Berge, P.; Culioli, J.; Renerre, M.; Touraille, C. Micol, D.; Geay, Y. (1993). Effect of feed protein on carcass composition and meet quality in steers. *Meat Science*. 35: 79-92.
10. Bidegain, I.; García Pintos, F.; Maissonave, F.; Trajtenberg, G. (2007). Potencial de uso de forraje conservado como fuente adicional de fibra para vacunos pastoreando verdes de invierno: efecto sobre tasa de ganancia, características de canal y calidad de carne. Tesis de grado. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 141 p.
11. Bidner, T.D.; Schupp, A.R.; Montgomery, R.E.; Carpenter, J.C. (1981). Acceptability of beef finished on all-forage, forage-plus-grain or high-energy diets. *Journal of Animal Science*. 53 (5): 1181-1187.
12. Bidner, T.D.; Schupp, A.R.; Mohamad, A.B.; Rumore, N.C.; Montgomery, R.E.; Bagley, C.P.; Mc Millin, K.W. (1986) . Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford-Brahman steers finished on all-forage or a high-energy diet. *Journal of Animal Science*. 62: 381-387.
13. Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Millot, J. C. (2005). Respuestas del campo natural a manejos crecientes de intervención. INIA Serie Técnica N° 151. Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. pp. 105-113.

14. Bray, A. R.; Graafhuis, A. E.; Chrysttall, B. B. (1989). The cumulative effect of nutritional, shearing, and preslaughter washing stresses on the quality of lamb meat. *Meat Science*. 25: 59-67.
15. Brown, S.N.; Becis, E.A.; Warris, P.D. (1990). An estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science*; 27: 249-258.
16. Capellari, A.; Navamuel, J; Fioranelli, S.; Revidatti, M.; Coppo, N.; Coppo, J. (2000). Utilización de residuos cítricos en la suplementación de vacas de invernada. Evaluación de las ganancias y condición corporal. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Corrientes, Argentina. Disponible en: http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2000/4_veterinarias/v_pdf/v_031.pdf. Fecha de consulta: 11 de diciembre del 2008.
17. Caravia, V.; Gonzalez, F. (1998). Evaluación de un sistema de engorde intensivo de vacas de descarte y caracterización de la carne producida. Tesis de grado. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 83 p.
18. Carduz, A.I. (1996). Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de grado. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 76 p.
19. Carragher, J.F.; Matthews, L.R. (1996). Animal behaviour and stress: impacts on meat quality. *Proceedings of the New Zeland Society of Animal Production*; 56: 162-167.
20. Carr, T.R.; Allen, D.M.; Phar, P. (1971). Effect of preslaughter fasting on bovine carcass yield and quality. *Journal of Animal Science*; 32 (5). 870-873.
21. Carr, T.R.; Allen, D.M.; Phar, P.H. (1973). Effect of preslaughter fasting on some chemical properties of bovine muscle and liver. *Journal of Animal Science*. 36 (5): 923-926.
22. Castro L.; Robaina R. (2003). Manejo del Ganado Previo a la Faena y su relación con la calidad de Carne. Instituto Nacional de Carnes. Uruguay. Serie Técnica N°1, 30Pág. Centro de Documentación del INAC. Disponible en <http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/2615/1/Manejo.pdf>. Fecha de consulta: 2 de diciembre del 2008.
23. Courdin, V; Fernández, M. (2004). Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera en frigoríficos sobre los niveles de metabolitos indicadores de stress y la calidad de la canal y carne de corderos corriedale y cruza. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Montevideo. 70 p.
24. Crouse, J.D.; Smith, S.B. (1986). Bovine longissimus muscle glycogen concentration in response to isometric contraction and exogenous epinephrine. *American Journal of Veterinarian Research*. 47 (4): 939-941.
25. Davies, P.; Mendez, D. (2005). Efecto de la suplementación estratégica con grano de maíz sobre la performance productiva y la calidad de la carne en invernada pastoril de novillos británicos. INTA EEA. Gral. Villegas, Buenos Aires. Resúmenes de trabajos científicos del 28° Congreso Argentino de Producción Animal, Bahía Blanca, Argentina. 19 y el 21 de Octubre de 2005. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/files/capa28/NA19.pdf> . Fecha de consulta: 11/12/08.

26. Del Curto, T.; Hess, B. W.; Huston, J. E.; Olson, K. C. (2000). Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *Journal of Animal Science*. 77:1-16.
27. Devine, C. E.; Graafhuis, A. E.; Muir, P. D.; Chrystall, B. B. (1993). The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*. 35: 63-77.
28. DIEA (2008). Anuario DIEA 2008. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2008/Anuario2008/pages/a-indice.html>. Fecha de consulta: 19 de enero de 2009.
29. Dikeman, M. E. (1984). Cattle production systems to meet future consumer demands. *Journal of Animal Science*; 59 (6): 1631-1643.
30. Eikelenboom, G.; Hoving-Bolink; A.H.; Kluitman, I.; Houben, J.H.; Klont, R.E. (2000). Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. *Meat Science*. 54 (1):17-22.
31. Fabiansson, S.; Laser Reutersward, A. (1985). Ultra structural and biochemical changes in electrically stimulated dark cutting beef. *Meat Science*. 12: 177-188.
32. Fernandez, X.; Torneberg, E. (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.
33. Fernandez, X.; Torneberg, E.; Naveau, J.; Talmant, A.; Monin, G. (1992). Bimodal distribution of the muscle glycolytic potential in French and Swedish population of Hampshire crossbred pigs. *Journal of Science in Food Agriculture*. 59: 307-311.
34. Flores, A.; Rosmini, M. (1993). Efecto del estrés por el tiempo de espera antes del sacrificio sobre la glucemia y el pH de la carne en bovinos. *Fleischwirtsch. Español*. 2: 16-25.
35. Franco, J.B. (1997). Características productivas, calidad de la canal y calidad instrumental de la carne de 7 razas bovinas españolas. Tesis de Maestría. Facultad de Veterinaria de Zaragoza. Zaragoza, España. 252 p.
36. Franco, J; Feed, O.; Rodríguez Irazoqui, M. (1999). Las marcas de calidad: el control de los consumidores en el camino hacia la calidad de los productos cárnicos. *CANGUE*, 15: 26-29.
37. Franco, J; Feed O.; Gimeno, D., Aguilar, I., Avedaño, S. (2002). Calidad de la canal. INIA Tacuarembó. Serie de Actividades de Difusión No 295. Seminario de Actualización Técnica Cruzamientos en Bovinos para Carne. 23 de Agosto de 2002, Tacuarembó. p 31-37.
38. French, P.; O'Riordan, E.G.; Monahan, F.J.; Caffrey, P.J.; Vidal, M.; Mooney, M.T.; Troy, D.J.; Moloney, A.P. (2000). Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*. 56: 173-180.
39. Gallo, C.; Pérez, V.S.; Sanhuesa, V.C.; Gasic, Y.J. (2000). Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 32 (2): 157-170.

40. García-Belenguer, S.; Mormede, P. (1993). Nuevo concepto de estrés en ganadería: psicobiología y neurobiología de la adaptación. *Investigación Agropecuaria de Producción y Sanidad Animal*. 8: 86-110.
41. Garrido, M.D.; Bañon, S, (2000). Medida del pH. En: Cañeque V.; Sañudo C. Ministerio de Ciencias y Tecnología Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, INIA.pp. 147-155.
42. Gibbons, N. E.; Rose, D. (1950). Effect of antemortem treatment of pigs on the quality of Wiltshire bacon. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 28: 438.
43. Grandin, T. (1988) Dark Cutting in cattle and sheep. Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. Australia, Sidney. pp 38-41
44. Grandini, T. (1993) Handling and welfare of livestock in slaughter plants. En: Grandini, T. *Livestok Handling and Transport* .Wallingford, CAB International. pp 289-311.
45. Gregory, N.G. (1998). *Animal Welfare and Meat Science*. Wallingford. Cabi Publishing. 287 p.
46. Guerrero M.O.; Vilca L.M.; Ramos D.D. (2004). Estimulación eléctrica de canales de alpacas para mejorar su calidad organoléptica. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 15 (2): 151-156.
47. Hargreaves, A.; Barrales, L.; Peña, I.; Larrain, R.; Zamorano, L (2004). Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales bovinos. *Ciencia e Investigación*. 31 (3): 155-166.
48. Hearnshaw, H. (1999). Como mejorar la calidad comestible de la carne de res. *El Cebú*. 311: 54-60.
49. Huertas, M. (2008). Bienestar animal y calidad de carne. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovin_o_/23-calidad_carne.htm. Fecha de consulta: 27 de febrero del 2009.
50. Immonem, K.; Kauffman, R.G.; Schaefer, D.M; Poulane, E. (2000). Glycogen concentration in bovine longissimus dorsi muscle. *Meat Science* 54 (2): 163-167.
51. INIA, INAC, CSU. (2003) Auditoría de Calidad de la Carne Vacuna. 23p.
52. Jones, S.D.M.; Schaefer, A.L.; Tong, A.K.W.; Vincent, B.C (1988). The effects of fasting and transportation on beef cattle. Body component changes carcass composition and meet quality. *Livestock Production Science*; 20: 25-35.
53. Jones, S.D.M.; Tong, A.K.W (1989). Factors influencing the comercial incidence of the dark cutting beef. *Canadian Journal of Animal Science*. 69: 649-654.
54. Josifovich, J.; Maddoloni, J.; Loughlin, R.; Ruival, G.; Ferrari, M.; Cascardo, A. (1997). Engorde de vacas de descarte. Informe técnico N° 242. INTA Pergamino. 11p.
55. Kenny, F.J.; Tarrant, P.V. (1988). The effect of oestrus behaviour on muscle glycogen concentration and dark- cutting in beef heifers. *Meat Science*. 20: 25-35.

56. Knowles, T.G. (1999). A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record*. 144: 197-201.
57. Lamako, J.; Lamako, W.M.; Whelan, W.J.; Dambro, R.S.; Neary, J.T.; Norenberg, M.D. (1993) Glycogen synthesis in the astrocyte: from glicogenin to proglycogenin to glycogen. *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*. 7 (14): 1386-1393.
58. Latimori N.J.; Klostet A.M.; Amigone M.A.; García P.T.; Carduza F.J.; Pensel N.A., (2005). Calidad de carne bovina según genotipo y sistema de alimentación. INTA EEA, Marcos Juarez. Cordoba ITA, INTA, CNIA, Castelar, Buenos Aires. Resúmenes de trabajos científicos del 28° Congreso Argentino de Producción Animal, Bahía Blanca, Argentina. 19 y el 21 de Octubre de 2005. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/files/capa28/TPP17.pdf>. Fecha de consulta: 3 de enero del 2009.
59. Lawrie, R.A. (1958) .Physiological stress in relation to dark – cutting beef. *Journal Science of Food Agriculture* 9: 721-728.
60. Lawrie, R.A. (1961). Study in the muscles of meat animals. I. Differences in composition of beef longissimus dorsi muscles determined by age and anatomical location. *Journal of Agricultural Science* 56: 249-259.
61. Lawrie, R.A. (1967). *Ciencia de la carne*. Zaragoza. Acribia. 380p.
62. Lawrie, RA (1998). *Ciencia de la carne*. 3ª ed. Zaragoza. Acribia .353 p.
63. Locker, R. H. (1989). Muscle into meat. En. Purchas, R. W.; Butler-Hogg, B. W.; Davies, A.S. *Meat Production and Processing*. New Zealand Society of Animal Production. Hamilton, N.Z. pp. 173-83.
64. Mc Veigh, J.M.; Tarrant, P.V.; Harrington, M.G. (1982). Behavioral stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls. *Journal of Animal Science*; 54 (4): 790-795.
65. Monteiro, M.; Peluffo, M (2001). Terneza de la carne en novillos y vaquillonas provenientes de cruzamientos entre padres de razas continentales y madres de razas británicas. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 66 p.
66. Montossi, F.; Robaina, R. (2008). Evaluación, cuantificación y estrategias de recuperación de las pérdidas detectadas en las cadenas bovina y ovina- 5° Congreso de Producción, Industrialización y Comercialización de Carne. 4 y 25 de noviembre de 2008 Montevideo, Uruguay. CD ROM.
67. Morris, S.T.; Purchas, R.W.; Burnham, D.L. (1997). Short-term grain feeding and its effect on carcass and meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 57: 275-277.
68. Muir P.D.; Smith M.V.; Wallace G.J.; Cruickshank G.J.; Smith D.R. (1998). The effect of short –term grain feeding on liveweight gain and beef quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 41: 517-526.
69. Müller, L.; Perobelli, Z.; Feijo, G.; Grassi, C. (1992). Cull cow physiological and its effects on carcass and meat quality. 38 th International Congress of Meat Science and Tecnology .Clermont-Ferrand, Francia. 2: 101-104.

70. Murray, A. C. (1989). Factors affecting beef colors at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*. 69: 347-355.
71. Nelson, D.L.; Cox, M.M. (2005). *Lehninger Principios de Bioquímica*. 4^a ed. Barcelona, Omega, 1119 p.
72. Newsholme E.A.; Leech A.R. (1983). *Biochemistry for the Medical Sciences*. Chichester. 952 p
73. Offer, G.; Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 1: general principles and water uptake in meat processing. *Development in Meat Science* 4th ed. Oxford, Elsevier. , pp 63-171.
74. Pla, M. (2000) Medida de la capacidad de retención de agua. En: Ministerio de Ciencia y Tecnología- Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, INIA. pp 175-179.
75. Pearson, A.M. (1994). La función muscular y los cambios postmortem. En: Price, J.F.; Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. 2^a edición. Zaragoza, Acribia. p 139-166.
76. Pioli, D.; Oyharzabal, C. (2006). Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera sobre la calidad de la canal y de la carne de vaquillonas en pastoreo. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay. 63 p.
77. Price, J.F.; Schweigert, B.S: (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*, 2^a ed. Zaragoza, Acribia. 581p.
78. Price M. A., Tennessen, T. (1981). Preslaughter management and dark-cutting in the carcasses of young bulls. *Canadian Journal of Animal. Science*. 61:205-208.
79. Priolo, A.; Micol, D.; Agabriel, J. (2001). Effects on grass feeding systems on ruminant meat colour and flavours; a review. *Animal Research*. 50: 185-200.
80. Purchas, R.W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science* 27: 129-140.
81. Realini, C.E.; Duckett, S.K.; Brito, G.W.; Dalla Rizza, M.; De Mattos, D. (2004). Effects of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*. 66: 567-577.
82. Rearte, D. (2007). La producción de carne en Argentina. Disponible en http://www.inta.gov.ar/balcarce/carnes/ProdCarneArg_esp.pdf. Fecha de consulta: 8 de abril del 2008.
83. Ruiz de Huidobro, F.; Miguel, E.; Anega, E.; Blázquez, B. (2003). Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science*. 65: 1439-1446.
84. Santini, F.; Depetris, G. (2006). Calidad de la carne asociada al sistema de producción. Balcarce, INTA. 8 p.
85. Sañudo, C. (1992). Curso internacional sobre producción de ganado ovino, Zaragoza, INIA. 117p.

86. Schaake, S. E.; Skelley, G. C.; Halpin, E.; Grimes, L. W.; Brown, R. B.; Cross, D. L.; Thompson, C. E. (1993). Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescued and clover, summer foraje, or for different periods in dray oat. *Journal of Animal Science*. 71: 3199-3205.
87. Schaefer, A.L.; Jones, S.D.M.; Stanley, R.W. (1997). The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *Journal of Animal Science*; 75(1): 258-265.
88. Schroeder, J.W.; Cramer, D.A.; Bowling, R.A. (1982). Postmortem muscle alteration in beef carcass temperature, pH and palatability from electrical stimulation. *Journal of Animal Science* 54(3): 549-552.
89. Shorthose, W.R. (1980). Factors affecting the incidence of dark- cutting meat. En: *Simposio Nacional de Ciencia y Tecnología de Carnes. 3º Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias*. Buenos Aires. pp. 468- 472.
90. Shorthose, W.R.; (1988). Dark- cutting meat in beef and sheep carcasses under the diferent enviroments of Ausralia. *Proceedings of Australian Workshop. Australian Meat and Live- stock Reserch and Develoment Corporation*. Australia, Sidney. pp. 68-74.
91. Shorthose, W. R.; Harris, P. V.; Bouton, P. E. (1972). The effects on some properties of beef on resting and feeding cattle after a long journey to slaughter. *Proceedings of the Australian Society Animal Production*. 9: 387-391.
92. Soares de Lima, J.M.; Xavier, J.E. (1997). Algunos factores que afectan la variación de pH post mortem en la carne vacuna. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 78 p.
93. Tarrant, P.V. (1981). The occurrence, causes and economic consequences of dark cutting in beef, a survey of current information. En: *Martinus Nijhoff for the Commission of the European Communities, The Hague, The Netherlands*. .pp 13-36.
94. Tarrant, P.V. (1988). Animal behaviour and environment in the Dark Cutting Condition. *Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live- stok Research and Development Corporation*. Agosto, 1988, Australia, Sidney. pp 8-18.
95. Tarrant, P. V. (1990). Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science*. 28: 153-170.
96. Tarrant, P.V.; Sherington, J. (1980). An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*. 4 (4): 287-297.
97. Tarrant, P.V.; Mc Loughlin, J.V; Harrington, M.G. (1972). Anaerobic glicolysis in biopsy and post-mortem porcine longgisimus dorsi muscle. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Section B: Biological, Geological and Chemical Science*. 72 (5):55-73.
98. Tarrant, P.V.; Kenny, F.J.; Harrington, D. (1988). The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behavior, blood constituents and carcass bruising in Frisian steers. *Meat Science*. 24: 209-222
99. Thompson, J. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science*. 62: 295-308.

100. Ylä Ajos, M. (2006). Glycogen debranching enzyme activity in the muscle of meat producing animals. Master Thesis. Department of Food Technology. University of Helsinki. Helsinki, Finlandia. 90 p.
101. Young, J.F.; Karlsson, A.H.; Henckel, P. (2002). Creatine and glucosein drinking water reduce pH (3-4hs) and water holding capacity in chicken. Proceedings of the 48th International Congress in Meat Science and Technology 25-30th August, Rome, Italy. pp 602-603.
102. Warriss, P.D. (1990). The Handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. Applied Animal Behaviour Science. 28: 171-186.
103. Warris, P. D. (2000). Meat Science. And introductory text. CABI, Wallingford. 320 p.
104. Wismer-Pedersen, J. (1959). Quality of pork in relation to rate of pH change post-mortem. Journal of Food Science. 24: 711–727
105. Wulf, D.M.; Emmett, R.S.; Leheska, J.M.; Moeller, S.J. (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. Journal of Animal Science. 80: 1895-1903.
106. Wythes, J.R.; Shorthose, W.R.; (1984). Marketing cattle: its effects on liveweight, carcasses and meat quality. Review. Australian Meat Research Committee. 46: 1-27.
107. Wythes, J.R.; Schmidt, P.J.; Davies, C.B (1980). Effects of various rehydration procedures after a long journey on liveweight, carcasses and muscle properties of cattle. Australian Journal of Agricultural Reserch. 31:849-855
108. Wythes, J.R.; Schmidt, P.C.; Arthur, R.J.; Round, P.J. (1984). Feeding cattle at abbatoirs; the effect on carcass attributes and muscle pH. Animal Production in Australia. 15: 643-646