

Embarque de Aves

Programas de Ayuno y Captura

María del Pilar Castañeda Serrano

Diego Braña Varela

Enrique Delgado Suárez

Ruth Tejeda Gil

Alma S. Vázquez Delgado

Wendy Martínez Valdés



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Ajuchitlán, Colón, Querétaro
Libro técnico No. 7

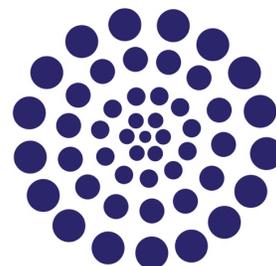
Septiembre de 2013

ISBN: 978-607-37-0056-6



SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



CONACYT



COFUPRO

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

LIC. ENRIQUE MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ
Secretario

LIC. JESÚS AGUILAR PADILLA
Subsecretario de Agricultura

PROF. ARTURO OSORNIO SÁNCHEZ
Subsecretario de Desarrollo Rural

LIC. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

DR. FRANCISCO JOSÉ GURRÍA TREVIÑO
Coordinador General de Ganadería

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS
Director General

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

MSc. ARTURO CRUZ VÁZQUEZ
Coordinador de Planeación y Desarrollo

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA EN FISIOLÓGÍA Y MEJORAMIENTO ANIMAL

DR. CÉSAR AUGUSTO MEJÍA GUADARRAMA
Director



Embarque de Aves:

Programas de

Ayuno y

Captura



María del Pilar Castañeda Serrano
Diego Braña Varela
Enrique Delgado Suárez
Ruth Tejeda Gil
Alma S. Vázquez Delgado
Wendy Martínez Valdés

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional
Autónoma de México.

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y
Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias.

Editor Dr. Diego Braña Varela, coordinador del Macroproyecto
“Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en
México” con registro y fondos de SAGARPA-CONACYT-COFUPRO
No. 109127.

Libro Técnico No. 7
ISBN: 978-607-37-0056-6

Ajuchitlán, Colón, Querétaro.
Septiembre 2013.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C.P. 04010 México, D.F.
Tel (55)38718700

ISBN: 978-607-37-0056-6

Editor Dr. Diego Braña Varela

Primera Edición, Septiembre 2013

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.



CONTENIDO

1. Introducción	4
2. Bienestar en pollo de engorda.....	7
2.1. Qué es el bienestar animal	7
2.2. Panorama del bienestar animal	8
2.3. Protocolo de Welfare Quality.....	9
2.4. Evaluación del bienestar en pollo de engorda.....	10
2.4.1. Salud de la patas.....	12
2.4.2. Trastornos metabólicos.....	13
2.4.3. Acciones para evitar trastornos en el bienestar.....	15
3. Manejo <i>antemortem</i> del pollo de engorda.....	17
3.1. Programas de ayuno.....	18
3.1.1. Contaminación de las aves con material fecal.....	19
3.2. Sistemas de captura.....	20
3.2.1. Métodos manuales.....	21
3.2.1.1. Captura tradicional.....	21
3.2.1.2. Captura brasileña.....	22
3.2.2. Métodos mecánicos.....	22
3.2.2.1. Cosechadoras.....	23
3.2.2.2. Sistemas de agrupamiento	24
3.2.2.3. Sistemas de vacío.....	24
3.2.2.4. Sistemas de pala.....	24
3.2.2.5. Sistema de extracción con esteras	25
3.2.3. Daños físicos y estrés causados por el método de captura	25
3.3. Transporte a la planta de procesamiento.....	27
3.3.1. Mortalidad durante el transporte.....	29
3.3.2. Estrés térmico.....	30
3.4. Espera en andén.....	32
3.5. Colgado en la línea de procesamiento.....	34
3.6. Aturdido o insesibilizado.....	35
4. Estudios Comparativos entre los Sistemas de Captura Tradicional y Brasileño.....	40
5. Estudios Comparativos entre los Sistemas de Alimentación Restringida y el Tiempo de Ayuno.....	44
6. Aspectos de la calidad de la carne de pollo relacionados con el manejo <i>antemortem</i>	47
6.1. Metabolismo muscular.....	47
6.2. Defectos asociados al metabolismo muscular.....	48
6.3. Alternativas de uso de carne PSE.....	51
7. Repercusiones del manejo <i>antemortem</i> , en la calidad del producto final.....	53
7.1. Calidad microbiológica de las canales de pollo.....	53
7.2. Vida de anaquel y su evaluación.....	55
8. Escalas descriptivas para la evaluación de color de la piel y carne de pollo.....	59
9. Referencias bibliográficas.....	64

1. INTRODUCCIÓN

La carne de pollo es uno de los alimentos de mayor consumo en el mundo (USDA, 2013); esto se debe a sus relativamente bajos costos de producción, así como a su alto valor proteico y baja cantidad de grasa. La decisión de compra por parte de los consumidores, se ve fuertemente afectada por la apariencia de las canales, así como por la pigmentación cutánea. Esto asumiendo que las canales no presentan defectos, piel uniforme sin decoloraciones, libre de hemorragias, laceraciones y fracturas.



Figura 1. Distintas Pollerías en la Ciudad de México

Los sistemas de producción comercial de pollo de engorda, dependen importantemente de la eficiencia de su sistema de producción. En la medida que sean eficientes, podrán permanecer en un mercado muy competitivo. Para lograr sobrevivir, requieren que sus animales produzcan de la forma más eficiente posible.

Las nuevas líneas genéticas de pollos, son más eficientes y por ende más exigentes, por lo que requieren de condiciones excelentes de sanidad, de instalaciones, de alimentación y de bienestar. Un animal necesita sentirse bien para producir de forma eficiente, las deficiencias de comederos, bebederos, luz, espacio, aire y agua, limpios, etc. hacen que crezca menos y que consuma más alimento, por lo que deja de ser negocio su producción.

Dentro de esta búsqueda por mayor eficiencia, también los sistemas de producción han ido evolucionando, lo que ha resultado en sistemas cada vez más tecnificados. Hoy en día, encontramos generalmente casetas semi-tecnificadas (diferenciadas con base al nivel de tecnología utilizada), donde se crían parvadas de sexos mixtos (es decir se utilizan parvadas donde hay machos y hembras), sistemas automatizados de comederos y bebederos, en donde el contacto con personas es mínimo.

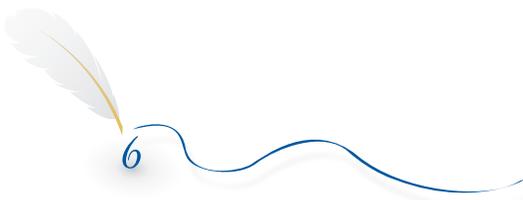
Las estirpes de pollo de engorda actuales poseen una genética capaz de lograr un rápido crecimiento, de modo que entre 5 a 7 semanas de vida, alcanzan un peso entre 2.3 a 2.8kg, como promedio para una parvada mixta (machos y hembras). Una vez que se alcanza el peso corporal de acuerdo a tipo de comercialización, las aves son retiradas de la granja y llevadas al rastro.

En el caso de las aves destinadas a pollo de rosticería (canal sin vísceras cabeza y patas), se matan entre las 5 y 6 semana de vida, mientras que para pollo tipo mercado público (canal con vísceras) su peso óptimo de faenado es alrededor de las 7 semanas de edad. Previo a la planeación del día que se lleve a rastro para su matanza, la parvada debe ser preparada con un dietado de 8 a 12 h para lo cual se levantan los comederos y se retira el agua al menos 1 h antes de la captura (manejo en el cual una flotilla de trabajadores embarca la parvada en jaulas para su transporte al rastro o planta de procesamiento).

Muchos de los problemas en la calidad final de la canal se asocian a los manejos que ocurren durante sus últimas horas de vida y las primeras posteriores a su matanza. Esto incluye la captura y enjaulado en la granja, su transporte y posterior manejo en la planta de procesamiento, incluido el sacrificio y posterior enfriado de la canal.

Las consecuencias asociadas a los errores en el manejo *antemortem* incluyen: pérdida del rendimiento, depreciación por la presencia de hemorragias, hematomas, rasguños, huesos dislocados o fracturados y un color no deseado de la carne. Por lo anterior se debe realizar una supervisión constante durante estos periodos. Particularmente durante el periodo de la captura, cuando ocurre la mayor incidencia de defectos.

Esta problemática asociada al manejo es granja, no es muchas veces percibida por los operadores, ya que la mayoría de los hematomas y hemorragias, sólo se detectan durante las primeras fases del procesamiento en el rastro. Principalmente después del desplumado y se corroboran durante la inspección sanitaria. Estas lesiones se localizan especialmente en la pechuga, patas y ala, luego en el dorso y muslos, lo cual disminuye el rendimiento de la canal debido al decomiso parcial.



2. BIENESTAR ANIMAL EN POLLO DE ENGORDA

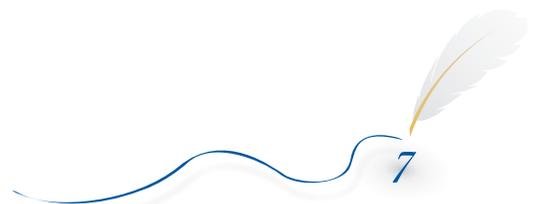
2.1. ¿Qué es el bienestar animal?

El bienestar animal ha sido definido por la Organización Mundial de Salud Animal (OIE) como un término amplio que describe cómo los individuos se enfrentan a las condiciones de su ambiente. Esto incluye aspectos de salud, alimentación, comportamiento natural y estados mentales como placer, miedo y frustración (OIE, 2012). El grado de dificultad para afrontar el ambiente es un componente del bienestar (Duncan 1981), debido a que produce efectos positivos y/o negativos sobre los mecanismos que se activan para enfrentar dichos problemas.

En el ámbito mundial, en los últimos años, el tema del bienestar animal ha adquirido cada vez más importancia, particularmente por su impacto en negociaciones comerciales dentro y entre países (Broom et al., 1993).

Según la OIE, los principios generales para asegurar el bienestar animal en los sistemas de producción inician con la selección genética, y deben de considerar aspectos como la sanidad; la adecuación del ambiente a sus necesidades y cómo este contribuye a una buena salud animal y permite la expresión del comportamiento natural, propiciando el agrupamiento social de los animales, asegurando el acceso suficiente a alimentos y agua, previniendo y controlando enfermedades y parásitos por medio de buenas prácticas de manejo; logrando una relación positiva entre hombres y animales por medio de un buen manejo, y finalmente asegurando que los propietarios y operarios cuenten con habilidades y conocimientos suficientes para garantizar todo lo anterior.

Idealmente, todos los conceptos mencionados deben de tener fundamentos probados científicamente y deben además, ser sujetos de medición y evaluación objetiva. No se trata de imitar necesidades o sentimientos humanos en los pollos, mucho menos de interpretar sus sentimientos, los cuales difícilmente pudiéramos conocer y mucho menos medir objetivamente.



En consecuencia, una forma objetiva de evaluar el bienestar animal, es mediante la evaluación del comportamiento productivo. Así, podemos establecer que éste ha sido comprometido, con argumentos sólidos por ejemplo, cuando la ganancia diaria de peso promedio se ve reducida en cierto porcentaje; pero no podemos expresar objetivamente el grado de sufrimiento que tiene un animal en consecuencia de que el bebedero está muy alto.

2.2. Panorama del bienestar animal

Una consecuencia de la selección genética del pollo de engorda es que se ha perdido mucha de la rusticidad de los animales. Esto implica que han aumentado sus índices productivos, son capaces de crecer cada vez más rápido y de forma más eficiente; con un mayor rendimiento en canal y mayor proporción de pechuga en la canal. Sin embargo, esto ha acarreado que sean más susceptibles a deficiencias en el ambiente; su sistema inmune es menos agresivo, ya que destinan más energía a crecer que a mantener a su sistema inmunológico de defensa; su estructura ósea se ha modificado para tener una menor proporción de hueso respecto al músculo, lo que hace más frágil su estructura (Nielsen, 2009).

Esta menor rusticidad y mayor susceptibilidad a los efectos del ambiente, y la cada vez mayor preocupación por parte de los consumidores, de los comercializadores de cárnicos, y de los medios de comunicación, hacen cada día más relevantes las consideraciones que se tengan sobre el bienestar animal, particularmente el de los animales producidos en granjas y destinados al consumo humano.

En respuesta a este tipo de demandas y para garantizar que realmente se lleven a cabo acciones a favor del bienestar animal, han surgido a nivel mundial una serie de asociaciones, empresas, despachos y consorcios enfocados a certificar el trato que los empresarios les dan a sus animales, esto como una forma de garantizar la calidad del producto final.



Varias de estas asociaciones o empresas, han generado diferentes protocolos de evaluación del bienestar animal. En respuesta a dichas evaluaciones se emiten recomendaciones específicas o se otorgan distinciones que certifican algún proceso, lo cual en ocasiones es solicitado por algunas cadenas de supermercados o de restaurantes para dar cabida a algún proveedor.

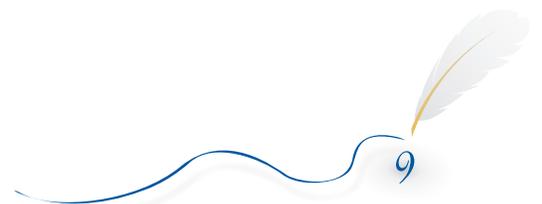
2.3. Protocolo de Welfare Quality

El proyecto europeo Welfare Quality[®] ha desarrollado sistemas para evaluar objetivamente el bienestar animal en granjas y durante el proceso de sacrificio para diferentes especies animales. Además, propone estándares de bienestar animal para mejorar la calidad de vida del animal, aumento de la producción, mejoras en el rendimiento de la canal y mejora de la aptitud de éstas en la transformación en productos con valor agregado.

Welfare Quality[®] (2009) define cuatro principios de bienestar animal: adecuada alimentación y provisión de agua; buen alojamiento; buena salud; y comportamiento apropiado que refleje un buen estado. Además para cada uno de los principios, se identifican criterios complementarios (Cuadro 1).

El sistema de evaluación de Welfare Quality[®] se ha desarrollado en siete sistemas de producción: vacas para producción de leche, vacas para producción de carne, terneros de engorda, cerdas reproductoras, cerdos de engorda, gallinas ponedoras y pollos de engorda. Para cada sistema se desarrollaron protocolos de evaluación que miden los 12 criterios del Cuadro 1.

Los parámetros definidos, se busca que sean suficientemente claros para permitir una evaluación rápida, precisa y con poca variabilidad entre observadores. El entrenamiento de observadores y la fácil implementación en condiciones prácticas es clave para su uso en los sistemas de producción, independientemente de las características del alojamiento. Partiendo del hecho de que los animales se alojan en ambientes muy diferentes, las medidas se basan en la observación directa del animal.



Actualmente, estos sistemas de evaluación se han probado en más de 700 granjas de nueve países europeos, desde el Reino Unido hasta la República Checa, desde Suecia hasta España y también en granjas de América Latina. (www.welfarequality.net).

Cuadro 1. Principios y criterios de Bienestar de los Animales de Granja, Welfare Quality®.

Principios de Bienestar	Criterios de Bienestar
Buena Alimentación	1. Ausencia de hambre prolongada
	2. Ausencia de sed prolongada
Buen Alojamiento	3. Confort en relación al descanso
	4. Confort térmico
	5. Facilidad de movimiento
Buena salud	6. Ausencia de lesiones
	7. Ausencia de enfermedades
	8. Ausencia de dolor causado por el manejo
	9. Expresión de comportamiento social.
Comportamiento apropiado	10. Expresión de otras conductas
	11. Buena relación humano-animal
	12. Estado emocional positivo

2.4. Evaluación del bienestar en pollo de engorda

Otros sistemas de evaluación del bienestar, incluyen diferentes parámetros, por ejemplo la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) propone un sistema de tres puntos clave en el bienestar en pollo de engorda: 1) salud de las patas, 2) trastornos metabólicos y 3) hambre (lo que es particularmente relevante en el caso de las aves reproductoras) (Nicol, 2012), además se deben mencionar las enfermedades causadas por agentes patógenos debido a la problemas de bioseguridad en granjas (Bagust, 2012).

En sistemas como los mencionados, el bienestar se puede calificar de muy bueno a muy pobre, con escalas frecuentemente subjetivas. Un nivel pobre es asociado con estrés y tiene consecuencias productivas y fisiológicas en el animal, entre otras se pueden mencionar: disminución del sistema de defensa del organismo contra enfermedades infecciosas, lesiones y trastornos en el desarrollo, disminución en la ganancia de peso, etc. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Problemas relacionados al bienestar en el pollo de engorda (EC, 2000).

Sistema	Factor predisponente	Patología o Alteración
Esquelético	Infeccioso	Necrosis de la cabeza femoral
		Sinovitis (inflamación en articulaciones y tendones)
		Síndrome del retraso del crecimiento por infección
	Del desarrollo	Osteodistrofia (formación deficiente de hueso)
		Discondroplasia (formación deficiente de cartílago)
		Raquitismo
Degenerativos	Deficiencia en la resistencia ósea.	
Muscular	Isquemia (deficiencia de oxígeno)	Alteraciones asociadas a la edad.
	Nutricional (deficiencia de antioxidantes)	Miopatía pectoral profunda (músculo verde)
	Genética	Distrofia muscular
Tegumentario	Infeccioso y del desarrollo	Daños musculares causados por estrés.
		Dermatitis por contacto (en pechuga, corvejones y almohadillas de patas)
Respiratorio	Infeccioso	Dermatitis profunda (muslos y área cercana a cloaca)
		Bronquitis infecciosa
		Infección pneumovirus aviar
		Micoplasmosis
		Colibacilosis
	Reacciones a las vacunas de Enfermedad de Newcastle, Influenza Aviar y/o Bronquitis Infecciosa.	
Del desarrollo	Ascitis	
		Síndrome de muerte súbita

2.4.1. Salud de la patas

Entre los problemas asociados a lesiones que se observan en la caseta y relacionados al bienestar en pollo de engorda están las afecciones en las patas, que frecuentemente conducen a cojera y cuya presentación está asociada a la velocidad del crecimiento, factores ambientales (calidad de cama, programas de iluminación, densidad de población), régimen de alimentación, problemas infecciosos y predisposición genética, por ejemplo, en aquellas líneas que tienden a estar mucho tiempo echadas, sin moverse (Nicol y Scott, 1990). Un estudio llevado a cabo en Reino Unido (Knowles et al., 2008) indica que el 27.6 % del pollo de engorda próximo al sacrificio mostraba dificultades de locomoción y 3.3% inmovilidad, otros estudios en diferentes países han mostrado resultados similares.

La densidad de población está relacionada con otros factores como la disposición y mantenimiento del material de cama, tipo y mantenimiento de bebederos, así como consumo de agua, los cuales favorecen la presentación de la enfermedad llamada “Dermatitis por contacto o Pododermatitis” que se caracteriza por la aparición de lesiones oscuras de leves a graves, así como úlceras y costras en el cojinete plantar (Figura 2), corvejones y/o en el pecho de las aves a consecuencia del contacto con el material de cama, la cual muestra un incremento en las concentraciones de amoníaco proveniente del exceso de humedad (EC, 2000).



Figura 2. Lesión en cojinete plantar

La evaluación de la almohadilla plantar se ha propuesto como indicador de bienestar animal y actualmente es obligatoria en Dinamarca y Suecia ya que es un método rápido, sencillo y barato. En Dinamarca la legislación obliga a la toma de 100 muestras por parvada para su evaluación bajo los siguientes parámetros: 0 (ausencia de dermatitis), 1 (Dermatitis leve o intermedia, con presencia de hiperqueratosis) y 2 (dermatitis severa con heridas costras o sangrado) Berg, 1988.



Figura 3. Pododermatitis en pollo de engorda. FAO (Nicol, 2012)

Es muy importante que se tenga especial cuidado en la calidad de la cama (tipo y cantidad), evitar que se apelmace, lo cual es común cuando hay exceso de humedad, por ejemplo por problemas de ventilación en la caseta (humedades por arriba del 75%) y cambios climáticos (sobre todo temperaturas elevadas); problemas de salud intestinal; el efecto de la dieta también es relevante, ya sea por niveles limitantes de biotina, o elevados de carbohidratos indigestibles, o por excesos de proteína que promueven una mayor producción de amoníaco y un elevado pH en la cama, el cual es irritante para la piel. Cambios en el balance mineral de la dieta, o excesos de sal pueden provocar un aumento en el consumo de agua y resultar en mayor humedad en la cama y aumentar la frecuencia de lesiones.

2.4.2. Trastornos metabólicos

El rápido crecimiento del pollo de engorda y su eficiente conversión alimenticia trae como consecuencia una elevada tasa metabólica, que se refleja rápidamente en daño en el sistema cardiovascular y enfermedades como ascitis y síndrome de la muerte súbita. Otras consecuencias del rápido crecimiento de las aves son por ejemplo alteraciones en la textura de la carne y la enfermedad del musculo verde.

La **ascitis** llega a causar hasta 50% de mortalidad en pollo de engorda de 6 semanas, a nivel mundial se ha estimado una incidencia de aproximadamente 4.7%. Consiste en la rápida acumulación de líquido en la cavidad abdominal y torácica, debido a insuficiencia cardiopulmonar, incapaz de cumplir con la demanda de una alta tasa de oxigenación resultado del rápido crecimiento de las aves.



Figura 4. Ascitis en pollo de engorda, se muestra el fluido acumulado, congestión del hígado y de músculos (AVPA, 2011)

El **síndrome de muerte súbita** se caracteriza por repentino y vigoroso aleteo, contracciones musculares, pérdida de balance, vocalizaciones en algunos casos, y finalmente la muerte del ave. La duración del episodio va desde los 37 a los 69 segundos y debido a esta velocidad es que se le ha llamado “muerte súbita”. Las aves que lo sufren están generalmente en buena condición, pero repentinamente sufren de insuficiencia cardiovascular aguda, la que puede ser causada por una deficiente regulación de calcio, que a su vez causa una hiperactivación de los músculos esqueléticos, concentraciones elevadas de ácido láctico y finalmente la insuficiencia cardiovascular.

La miopatía pectoral profunda, conocida como enfermedad del **músculo verde** es un caso muy interesante de la interacción entre genética, ambiente y manejo de las aves. Esta condición solo se presenta en aves que han sido seleccionadas para desarrollo de músculo de la pechuga (Siller, 1985).

Lo que se observa es una miopatía degenerativa, no contagiosa, del músculo pectoral profundo, resultado de una deficiencia de oxígeno, respuesta a un repentino y excesivo aleteo. Solo ocurre en dicho músculo debido a que tiene un limitado riego sanguíneo, el cual se ve comprometido cuando el músculo se ejercita, pero es estrangulado por la fascia inelástica, provocando isquemia (Bilgili y Hess, 1982; Siller, 1985; Bianchi et al. 2006; Lien et al. 2012). Por lo tanto, la identificación y eliminación de situaciones de manejo, que contribuyan al aleteo excesivo de las aves es la clave para reducir la incidencia del músculo verde (evitar sustos, amontonamientos, mala sujeción, hacinamiento, etc.).



Figura 5. Lesión conocida como “músculo verde”. Miopatía pectoral profunda causada por un exceso de aleteo durante la captura.

2.4.3. Acciones para evitar trastornos en el bienestar

La inspección regular de las parvadas permite identificar factores que afectan el bienestar de las aves. El comportamiento de las aves indica su grado de confort en el entorno en el que se encuentran, con las características que ofrece el alojamiento. Con la finalidad de mejorar el ambiente y el diseño de los alojamientos se debe vigilar lo siguiente:

En las aves:

- Mortalidad
- Movimiento libre
- Ausencia de lesiones en patas
- Ausencia de jadeo

Picaje

- Consumo de alimento y agua
- Uniformidad de la parvada
- Distribución uniforme en la caseta

En el alojamiento:

- Ventilación
- Iluminación
- Calidad de la cama (tipo y tamaño de partícula)
- Cama seca o húmeda
- Humedad relativa
- Presencia de polvo
- Temperaturas máximas y mínimas
- Densidad de población
- Acceso al alimento y agua
- Niveles de amoniaco
- Ausencia de fauna silvestre

Pruebas de preferencia y técnicas de condicionamiento operante se han empleado en granjas empleando estímulos como las jaulas de transporte. Se ha observado que los pollos presentan una aversión ante la presencia de las jaulas, sin embargo, las aves que se enjaularon previamente tardaron menos tiempo en acercarse cuando se exponen con anterioridad al contacto con la jaula (Nicol y Scott 1990).



Figura 6. Pollo de engorde en jaula

3.1. Programas de ayuno

Los programas de ayuno o de retiro de alimento son un prerrequisito para el procesamiento del pollo de engorda y tiene como objetivo reducir el contenido del tracto gastrointestinal. El programa de retiro comúnmente utilizado consiste en la privación de alimento de 8 a 12 horas previas al sacrificio considerando el periodo en el que se lleva a cabo la captura de las aves, su embarque, transporte y espera en andén.

Rasguños

Se recomienda revisar la densidad de población cuando en la parvada se utiliza algún programa de restricción alimenticia.



Figura 9. Daño físicos relacionados a los programas de dietado.

El objetivo del programa de ayuno es vaciar el tracto gastrointestinal para evitar su ruptura durante el eviscerado y así disminuir la contaminación de las canales y el equipo de proceso. Otra ventaja del ayuno, es que reduce la presión metabólica a que se expone el animal durante la captura y su transporte, ya que al tener el sistema digestivo relativamente vacío, la producción de calor, la demanda de oxígeno y el flujo de sangre a las vísceras es menor y en consecuencia el estrés para el pollo será menor.

Ya en la planta de procesado, cuando se evisceran los pollos, independientemente de que el proceso sea manual o mecánico, existe un riesgo muy alto de contaminación de la canal con material intestinal, el cual es muy rico en bacterias que pueden producir enfermedades en el consumidor. Esta contaminación, se da como resultado de una ruptura de los órganos viscerales, principalmente del intestino.

El riesgo de ruptura visceral, se incrementa en la medida que el aparato digestivo del pollo tiene mayor contenido ya sea de digesta o de material fecal. Con períodos cortos de ayuno (menos de 6 horas) la presencia de alimento en órganos como buche o intestinos facilita que se puedan romper al momento de eviscerar a la canal.

Otro factor que puede incrementar el riesgo de ruptura, se relaciona con tiempos excesivos de dietado. Tiempos de ayuno prolongado (más de 14 horas) aumentan la fragilidad de las paredes intestinales, los cuales pueden romperse con facilidad. Normalmente, la pérdida de peso durante el ayuno es de 0.2 a 0.5% por hora, pero debido a la gran variación en la respuesta de los animales y al uso de diferentes reservas de energía en el cuerpo, normalmente se hace notorio después de 4 a 6 h posteriores a la privación de alimento (Veerkamp, 1986).

Investigaciones científicas han mostrado que en el pollo de engorda la concentración de corticosterona (indicador de un estado de estrés cuando se encuentra elevada) aumenta después de un día de ayuno, mientras que en un periodo de 12 h de retiro de alimento no se observa incremento relevante en este indicador, lo que sugiere que el límite utilizado como ayuno (8 a 12 horas), es un rango aceptable dentro del contexto de bienestar animal.

Los programas de ayuno no consideran la privación de agua, por lo que los bebederos nunca deben retirarse durante el periodo de ayuno, sino hasta el momento de la captura de las aves (Siegel y Van Kammen, 1984).

3.1.1. Contaminación de las aves con material fecal

El estrés generado por el ayuno, la captura y el transporte altera las excreciones de las aves e incluso aumenta la defecación. Los pollos vacían los ciegos cada 24 h, sin embargo programas de ayuno de 4 a 10 h reducen la presencia de alimento en el tracto gastrointestinal, sin embargo, no impiden completamente la defecación durante el transporte. La defecación en jaulas contribuye al esparcimiento de las heces a través de los orificios del piso, esto causa que las aves lleven materia fecal sobre las plumas y ninguna etapa previa a la muerte de las aves elimina la suciedad superficial.

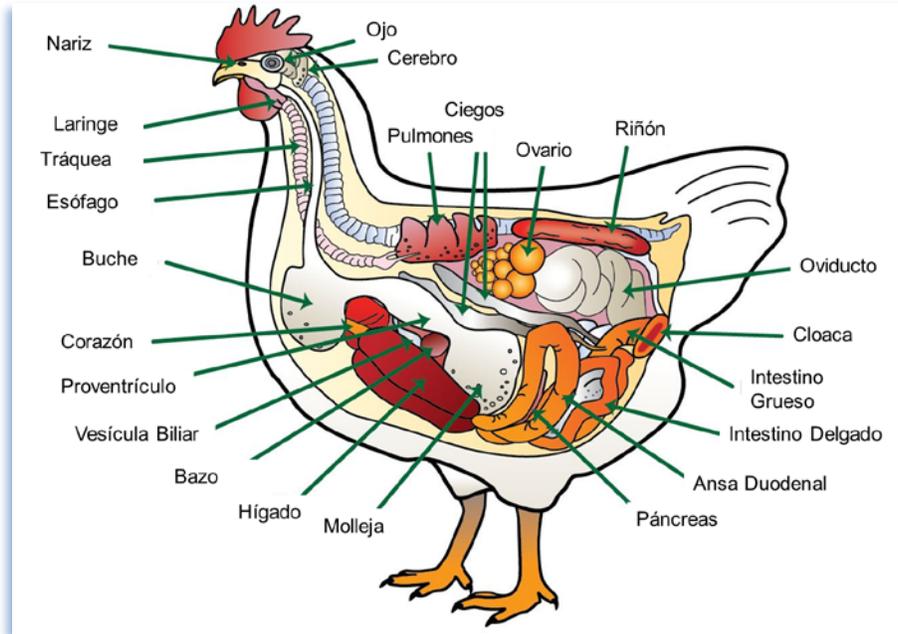


Figura 10. Anatomía de las aves.

La etapa de escaldado por inmersión en agua retira la materia fecal de las plumas, esta etapa puede ser muy riesgosa ya que distribuye homogéneamente los microorganismos los cuales se agregan a la superficie de la piel. Bacterias que causan enfermedad pueden estar presentes en el tracto intestinal de las aves aumentando el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Etapas posteriores como el lavado de la canal disminuye considerablemente la contaminación, sin embargo, la evaluación de la eficacia de esta etapa se basa en la ausencia de materia fecal visible en las canales, sin embargo es importante recordar que aunque no haya materia fecal presente después del lavado, no significa que las bacterias se eliminaron.

3.2. Sistemas de captura

La captura es probablemente la etapa que mayor estrés genera a las aves ya que implica una manipulación directa del animal, además de la pérdida del entorno en que se han desarrollado. Muchos factores intervienen en la presentación del grado de estrés de este manejo. Podemos mencionar por ejemplo el horario de la captura, el cual se recomienda que sea durante la noche o madrugada cuando hay poca luz y calor; el personal de captura

independientemente de método manual o mecánico, el tiempo que tarde la captura y el ruido generado por las aves, el personal o el equipo de captura.

Definitivamente, el principal factor de estrés es la acción de retirar al animal de su ambiente y forzarlo a entrar en otro (jaula), donde deberá lidiar con un espacio vital invadido. Este proceso puede causar desde pequeñas lesiones, hasta la muerte de los pollos, teniendo repercusiones económicas relevantes, por lo que vale la pena analizar los diferentes métodos que se tienen disponibles.

3.2.1. Métodos manuales

Entre los métodos de captura manuales se pueden mencionar la captura tradicional y captura brasileña. Ambos tienen la desventaja de requerir mano de obra y entrenamiento, sin embargo, son los más empleados en las empresas avícolas. Tejeda (2012) reporta que un hombre es capaz de capturar en promedio 533 aves por hora empleando el método tradicional y 245 mediante el método brasileño, aunque con este último, requiere mayor mano de obra y mayor tiempo, pero se logra un menor número de aves de desecho. Mientras que Bringham (1986) reporta que mediante la captura tradicional un equipo de 8 trabajadores captura hasta 4,000 aves por hora.

3.2.1.1. Captura tradicional



Figura 11. Captura tradicional. Propiedad Dr. Juan Carlos Valladares de la Cruz.

Consiste en tomar máximo diez aves por persona, máximo 5 en cada mano, esto varía dependiendo el tipo de pollo que se captura, siendo de 5 en caso de pollo roscicero y de 3 a 4 en caso de pollo tipo mercado público. Las aves se

deben tomar de una pata o ambas patas y colocar en la jaula respetando la densidad de población de 10 a 12 aves por jaula.

La desventaja de este sistema, desde el punto de vista del bienestar, es que la manipulación de las aves en posición invertida causa estrés, hay muchos aleteos y arañazos que provocan lesiones en piel y músculos de los animales.

3.2.1.2. Captura brasileña

Consiste en agrupar a las aves en un espacio mínimo por corto tiempo para facilitar la rápida captura sin esfuerzo de escape (por aleteo e intento de vuelo). El personal toma individualmente a las aves por el dorso, sosteniéndolas con las alas cerradas y posteriormente se coloca en la jaula respetando la densidad de población de 10 aves por jaula. En campo se le conoce como captura en bola, por la similitud de sujetar una bola o pelota. Diversos reportes de campo indican que este sistema disminuye la incidencia de hemorragias, rasguños, huesos rotos y dislocados de las parvadas mejorando visiblemente la calidad de las canales. Sin embargo, no es un método empleado extensivamente, debido al número de trabajadores de la cuadrilla, así como al tiempo que se emplea en la captura de la parvada.



Figura 12. Captura brasileña (izquierda) y enjaulado (derecha).

3.2.2. Métodos mecánicos

El objetivo de estos sistemas es facilitar la captura disminuyendo la manipulación por el hombre. Esto es muy relevante en países del primer mundo, donde el costo de la mano de obra es tan elevado que limita su utilización. Otra de las pautas más relevantes para tratar de usar este tipo de cosecha, es la de

reducir la incidencia de lesiones en pierna y ala, además de realizar la labor en corto tiempo.



Figura 13. Captura mecánica de pollos

Se han desarrollado varios sistemas mecanizados que buscan reducir el uso de mano de obra, sin embargo, comercialmente no han sido bien aceptados. Esto se debe a que, si bien reducen el estrés por manejo, los efectos perjudiciales no se eliminan completamente (lesiones en la canal) y por otro lado, se generan nuevos factores de estrés por ejemplo, el ruido y movimiento al que están expuestos durante la recogida y durante la cual, se genera aversión hacia las maquinas (Nicol y Scott, 1990).

Otra limitante en el uso de estos sistemas, es que las casetas deben estar diseñadas para la introducción de los equipos, ya que el tipo y la posición de comederos y bebederos, pueden actuar como obstáculos para su uso. Entre los métodos mecánicos de captura se pueden mencionar los siguientes:

3.2.2.1. Cosechadoras

De los sistemas automáticos, las cosechadoras son los equipos más utilizados. Estas consisten en paletas de goma que arrastran a los pollos hacia un transportador que las eleva hasta una plataforma de pesaje.



Figura 14. Cosechadora de pollos

3.2.2.2. Sistemas de agrupamiento

Consiste en colocar paredes móviles en los extremos de la caseta, mediante un mecanismo las paredes se desplazan y agrupan a las aves hacia el centro, con la ayuda de una cinta transportadora estos son depositados en las cajas de transporte.

3.2.2.3. Sistemas de vacío

Consisten en tubos de succión de 30 cm de diámetro a través de los cuales los pollos son succionados y llevados a las cajas de transporte.

3.2.2.4. Sistemas de pala

Se emplea una pala montada en un tractor para recoger desde 70 a 200 pollos según la capacidad de la pala, los pollos son depositados en otra área para facilitar su carga manual o mecánica a las jaulas de transporte.

3.2.2.5. Sistema de extracción con esteras

Consiste en cubrir completamente el suelo de la caseta con esteras de polietileno horas antes de la captura. Después mediante un mecanismo se enrollan y empujan a las aves a un extremo de la caseta, las aves empujadas caen poco a poco a las cajas de transporte.

La aceptación de los métodos de captura mecánicos no sólo está determinada por su costo de inversión, ni las ventajas económicas de no hacer uso de mano de obra, sino por las bondades que ofrece en términos de comercialización de los productos. En algunos mercados, la comercialización puede verse importantemente beneficiada por la percepción de los consumidores, en relación al bienestar animal de los animales, particularmente en Estados Unidos, donde se han realizado la mayoría de las encuestas (Delezie et al., 2007).

Sin embargo, en algunos estudios que buscan la comparación entre los sistemas mecánicos y los manuales, se ha demostrado que los sistemas mecánicos no disminuyen los porcentajes de moretones, dislocaciones y fracturas comparado con los sistemas manuales. Este aspecto aunado al costo tan bajo que se tiene por concepto de mano de obra en nuestro país, actualmente no justifica la adquisición de equipo para captura mecánica.

3.2.3. Daños físicos y estrés causados por el método de captura

La incidencia de daños físicos por la captura de las aves se puede determinar durante la inspección *antemortem*, aunque la mayoría se determina hasta la inspección *postmortem*, las lesiones más frecuentes son contusiones, dislocación de fémur y fracturas de alas. La magnitud de estas lesiones ha variado a lo largo del tiempo, siendo posible que a nivel mundial se tengan incidencias de lesiones de algún tipo en 5% de los animales, cuando hace 40 años (en 1970), se reportaban incidencias en un 10 a 15% de los animales

Se ha encontrado que la edad de las aves, está estrechamente relacionada con la incidencia de lesiones, las aves de mayor edad y peso son más propensas a fracturas de huesos que las aves jóvenes y de menor peso (Bringham, 1986).

Hematoma en Pierna

Se recomienda revisar la captura para evitar la presencia de este tipo de lesión.



Hematoma en Ala

Se recomienda reducir el aleteo durante la captura, colgado e insensibilización.



Hematoma en Pigostilo

Se recomienda revisar la captura y descarga



Hueso fracturado

Es importante revisar el sistema de captura, así como la descarga y colgado.



Figura 15. Daños físicos asociados a la captura.

La patología nos puede ayudar a distinguir el momento en que suceden las lesiones, ya que es posible distinguir por ejemplo, el tiempo transcurrido desde que ocurrió la lesión, si fue algo crónico, o algo agudo, cercano o no al momento de la muerte, e incluso determinar lesiones que ocurren luego de que el animal murió; por ejemplo, la presencia o ausencia de sangre en un hueso roto, nos indica si esta ocurrió antes o después de la muerte.

Si se realiza un estudio histológico de los moretones se puede observar que el 40% de estos pudieron originarse durante la captura y enjaulado de las aves para su transporte, mientras que el resto se origina durante el colgado de los animales.

3.3. Transporte a la planta de procesamiento

El transporte de las aves al establecimiento de procesamiento, conlleva a estrés, particularmente térmico debido a la disposición de las jaulas, la falta de ventilación y la duración del viaje en función de las distancias recorridas.

Durante el transporte a la planta de proceso, las jaulas se apilan en el camión, respetando una separación mínima de 10 cm entre cada dos columnas para favorecer la ventilación y dispersión de calor, sin embargo, muchas veces esta medida no es suficiente debido a la alta densidad de aves por jaula.

Aunque generalmente la corriente de aire impulsada por el camión es suficiente para favorecer la ventilación de las jaulas externas, para las que se encuentran en el centro es difícil dispersar el calor. Por estas razones, se debe de buscar siempre que el tiempo de transporte sea el mínimo posible, además de asegurar que se cumpla con las horas de ayuno, según lo discutido previamente.

Es importante que el vehículo nunca permanezca detenido cuando están los animales en sus cajas, ya que la ventilación es extremo limitada, pudiendo crear estrés en los animales e incluso mortalidad.



Figura 16. Transporte de aves a la planta de procesamiento.

Las condiciones en las que las aves son transportadas pueden causar (Vecerek et al., 2006):

- Aumento de la mortalidad
- Lesiones y fracturas
- Incidencia de PSE y DFD
- Alteración del olor de la carne
- Contaminación microbiana de las canales

La mortalidad de pollo durante su transporte a planta de procesamiento, varía dependiendo de las condiciones del vehículo, del tiempo en el arribo y factores ambientales (temperatura y humedad). En países Europeos se reporta en 0.5% aproximadamente.

La exposición a luz intermitente y ruido fuerte al que son expuesta las aves en el tránsito de las carreteras, producen miedo y desencadenan estrés debido a que las aves han sido criadas con poca o nula estimulación externa. La temperatura ambiental durante el transporte del pollo de engorda, puede afectar la calidad de la carne, causando variaciones en el color y en la capacidad que tiene la carne para retener agua. Es por esto importante que las aves nunca se transporten durante las horas cálidas del día, que el manejo no sea brusco, que no se exceda el número de animales por jaula, que se considere además del número de animales, el peso total máximo por jaula, evitando poner animales muy grandes en la misma jaula.

3.3.1. Mortalidad durante el transporte

Un importante indicador de la falta de bienestar animal durante el manejo *antemortem*, es el porcentaje de aves que llegan muertas al establecimiento de sacrificio. La muerte durante el transporte es debida a las lesiones o fracturas de fémur y alas, estrés térmico, asfixia, así como a enfermedades ya sean crónicas o agudas adquiridas desde la granja (Nicol y Scott, 1990). Grandes pérdidas están asociadas al porcentaje de aves que llegan muertas a la planta de sacrificio ya que durante la inspección *antemortem*, la autoridad sanitaria rechaza el ingreso de cadáveres a la línea de procesamiento (Bayliss y Hinton, 1990). Se estima que durante el transporte el porcentaje de aves que llegan muertas es de 0.05 a 0.5% (Nijdam et al., 2004), en sistemas tecnificados, pero el número puede aumentar importantemente, dependiendo de la calidad del manejo de las aves.

Se sabe que dentro de los vehículos que transportan a las aves, existen gradientes térmicos que fluctúan en torno al número de aves transportadas, la disposición del vehículo, el acomodo de las cajas y la época del año. Esto hace que las condiciones de estrés se agraven durante los días más calurosos, teniendo como consecuencia que las tasas de mortalidad pueden llegar al 1%. Congruentemente con esto, normalmente se reporta mayor mortalidad en verano. Sin embargo, aun en días húmedos o fríos típicos de invierno, la alta densidad de población y la humedad ambiental, generan centros térmicos que pueden aumentar la mortalidad.

Diversas comparaciones de condiciones de transporte, en las que se han incluido variables como el sistema de captura, y su relación con los porcentajes de aves que llegan muertas al rastro, muestran que existen múltiples factores en el manejo *antemortem* que pueden alterar los resultados. Por ejemplo, la introducción de sistemas mecánicos de captura redujo el número de aves muertas a la llegada al rastro de 0.29% con cosecha manual, a 0.24% con un sistema de captura mecánico (Bayliss y Hinton, 1990).

Existe mayor mortalidad de aves en viajes largos. Se estima que viajes mayores a 4 horas generan una mortalidad alrededor de 0.28%, mientras que los viajes menores a 4 horas pueden causar solo un 0.15%. Por otro lado, se ha observado que a distancias menores a 5km, la mortalidad tiende a ser alrededor de 0.14% y para distancias mayores a 300 km de 0.86% (Vecerek et al, 2006).

Otros factores que tienen una fuerte relevancia sobre el número de aves que llegan muertas, incluyen el mal estado de salud de las aves, previo a la captura, particularmente cuando las aves ya están muy débiles en respuesta a problemas crónicos. También son relevantes los traumas provocados durante la captura, enjaulado y transporte.

Además, independientemente de que las aves se vean o no enfermas, es relevante considerar que la carga microbiana, que causa enfermedades tanto en los pollos, como en los consumidores de su carne, tiende a aumentar después del transporte. Esto resulta en un aumento significativo de patógenos presentes en las canales. Lo que es debido al estrés de la captura y transporte, que resulta en inmunodepresión y facilita la colonización y proliferación en las aves.

3.3.2. Estrés térmico

Los pollos de engorda tienen una temperatura corporal de 41 a 42 °C, con una temperatura crítica inferior de 19 a 22°C y temperatura crítica superior de 45 a 47°C. La temperatura a la que las aves pueden mantener su temperatura confortable sin alterar su tasa metabólica se conoce como zona termoneutral y oscila entre 23 a 29°C, mantener a las aves dentro de este rango permite bienestar, conservación de energía y menor pérdida de peso (Watts et al, 2011).

Las aves son capaces de regular su temperatura por dilatación de sus vasos sanguíneos así como por modificaciones en su comportamiento como extender las alas y jadear. Durante el transporte las aves no pueden realizar estas conductas por el reducido espacio en que se encuentran (Nicol and Scott, 1990), por lo que es importante brindar espacio entre las filas de jaulas, para ayudar a la ventilación.

La densidad de pollos en las jaulas de transporte juega un papel muy importante ya que si bien altas densidades reducen los costos de transporte, las bajas densidades por otro lado permiten ofrecer bienestar a las aves y un mayor espacio para echarse o regular su temperatura corporal, aunque el exceso de espacio por ave también promueve que las aves puedan lesionarse (Delezie et al., 2007), de ahí la importancia de mantener densidades de población adecuadas.



Figura 17. Densidad en jaulas de transporte.

Algunos autores, han sugerido mantener a las aves en áreas oscuras y tranquilas durante 4 horas después del transporte, es una práctica que ayuda a contrarrestar los efectos del estrés *antemortem* y mejora la calidad de la carne (Voslarova et al., 2011). Este descanso previo a la matanza, se hace sobre todo relevante luego de periodos cortos de transporte, ya que las aves llegan más estresadas al sacrificio que con viajes largos. Lo que se debe a que durante los

viajes largos, las aves se pueden comenzar a adaptar al ambiente y a recuperarse parcialmente a su llegada.

La incidencia de estrés por calor se puede disminuir tomando las siguientes medidas:

- Reducir el número de aves por jaula
- Realizar el transporte durante la noche
- Dejar espacios de 10 cm entre columnas de jaulas
- Usar cubiertas, que sin limitar la ventilación, disminuyan los efectos adversos del ambiente, como son la radiación solar y la lluvia
- Usar jaulas de transporte blancas
- Uso de ventilación forzada entre las columnas de jaulas

Debido a la inadecuada ventilación por el apilamiento de las jaulas, incluso a temperaturas ambientales bajas, algunas áreas de la carga pueden llegar a ser muy calientes y las aves pueden sufrir hipertermia (incremento de la temperatura corporal) mientras que las que permanecen a la orilla pueden experimentar hipotermia (descenso de la temperatura corporal).

Con el fin de proteger a las aves, se ha optado por instalar una lona sobre el vehículo y en ocasiones lateralmente, esta medida sin embargo debe ser evaluada, para evitar falta de ventilación de las jaulas. Otra medida es colocar jaulas vacías, en los laterales para evitar las ráfagas de aire frío, o intermedias, para promover el flujo de aire (Bayliss y Hinton, 1990).

3.4. Espera en andén

El tiempo que transcurre entre la llegada de los camiones a la planta de procesamiento y el colgado de las aves para realizar su matanza, se le conoce como espera en andén y este periodo es crítico, tanto para el bienestar de las aves, como para asegurar la continuidad en el flujo de animales a la línea de proceso.

Un problema común en muchos rastros, es el hecho de que la espera en andén se convierte en un cuello de botella, del que depende producción, para mantener un flujo continuo de trabajo. Además, durante esta espera, se debe de realizar la inspección de la parvada y normalmente se retienen durante unas dos

horas. Lo ideal, es que esta área tenga un diseño y condiciones que ofrezcan confort a las aves (Vieira et al., 2011).



Figura 18. Espera en andén.

En nuestro país, se ha buscado que las granjas estén situadas cerca de las plantas de procesamiento o rastro, lo cual reduce los costos de transporte, las mermas por mortalidad en el transporte, pero además, asegura la continuidad en el flujo de animales. Posiblemente por esto, la legislación vigente no hace referencia a algún límite, de distancia o tiempo asociados al transporte de las aves.

La llegada de las aves al establecimiento de sacrificio requiere buena gestión por parte de los productores, transportistas y la administración del establecimiento. Esto para evitar periodos de espera excesivamente largos en el andén, que pudieran tener consecuencias negativas en las aves y la calidad de las canales.

El área de espera debe estar adecuadamente diseñada para salvaguardar el bienestar de la parvada. Esto significa que debe proveer sombra y ventilación a las parvadas, con el fin de regresar al ave a su temperatura de confort. En zonas geográficas donde la temperatura ambiental es muy elevada, se implementan sistemas de foggers o aspersores. Esto tiene como objetivo, el que trabajen en

conjunto con ventiladores para proveer enfriamiento evaporativo, lo que contribuye a regresar a las aves a su zona de confort térmico de una manera más rápida.



Figura 19. Descarga de pollo en la planta de procesamiento.

3.5. Colgado en la línea de procesamiento

El colgado de las aves a la línea de procesamiento provoca aleteo, vocalizaciones e intentos por incorporarse, provoca estrés, lo cual afecta las características finales del músculo y por lo tanto la calidad de la carne (ver más adelante en metabolismo del músculo). Estas respuestas de conducta tienen relación con la estirpe de las aves, ya que las líneas de aves de crecimiento lento son más reactivas que las de rápido crecimiento. Es importante considerar que a mayor actividad muscular, mayor será la acidificación de la carne y por lo tanto la probabilidad de tener carne pálida y de mala calidad. Mientras menos aleteen las aves y más tranquilas estén antes del sacrificio, mejor será la calidad de su carne (Berri et al., 2005).



Figura 20. Colgado de las aves.

3.6. Aturdido o insensibilizado

El objetivo del aturdido en las aves es inducir la inconsciencia para facilitar su manejo durante el sacrificio. Actividad que tiene relevancia obvia en el bienestar de las aves, debido a que favorece a una muerte sin dolor.

Durante la insensibilización eléctrica, es necesario garantizar los parámetros de la corriente eléctrica. De no contar con un buen flujo de energía, se pueden inducir contracciones musculares, ruptura de vasos sanguíneos, hemorragias en músculos que impiden un correcto desangrado, puntas de las alas rojas, fracturas y en el peor de los casos, muerte por fibrilación ventricular. Además de estos efectos, el aturdimiento eléctrico mal inducido, tiene también repercusiones negativas en la calidad de la carne.



Figura 21. Insensibilización eléctrica de las aves.

Una alternativa a la insensibilización eléctrica, es el uso de gases (Savenije et al., 2002). Estos inducen a un estado de inconsciencia por tiempo suficiente para llevar a cabo el degüello y desangrado de las aves. Comercialmente, se han usado mezclas de dióxido de carbono y argón, que resultan en una privación de oxígeno. Cuando esto es correctamente aplicado, en comparación con la insensibilización eléctrica, se producen menos daños a la canal. La insensibilización con gases ofrece la posibilidad de realizarse en las cajas de transporte, facilitando el manejo de las aves y elimina el estrés que se genera por el manejo durante la extracción de la aves y colgado en la línea de proceso.

Se aplica en una o dos etapas utilizando argón o CO_2 y CO_2 con O_2 respectivamente, este último método reduce las convulsiones y contracciones musculares (Barbut, 2009). Debido a los elevados costos de inversión que representa tanto la instalación, como el abasto de los gases, actualmente no es común encontrar estos sistemas en nuestro país, ya que se incrementa el costo del proceso.

Hematoma en articulación del ala
Revisar factores involucrados en el desangrado (tiempo, constantes de insensibilización, método de degüello.)



Hematomas en pierna

Forman un racimo, sugieren que se debe mejorar el modo de sujetar a las aves durante el colgado



Fractura de la clavícula

Lesión que se observa cuando se utiliza un exceso de voltaje en la insensibilización



Figura 22. Daños a la canal asociados al colgado y a la insensibilización.

Hueso dislocado

La ausencia de sangre denota que es un defecto postmortem, asociado a la fuerza de la desplumadora.



Canal “roja”

Canal con un deficiente desangrado, se recomienda revisar el método de degüello.



Canal con pluma remanente

Canal con un deficiente desplumado, por lo tanto es necesario revisar la posición de las desplumadoras.



Pollo rayado

Desprendimiento de la cutícula que causa pérdida de pigmento. Es importante revisar las condiciones de escaldado y desplumado.



Pollo con pérdida de la cutícula

Se puede calificar también como “pollo rayado, pero a diferencia de la foto anterior, se puede notar que la cutícula se desprende, esto es causado por un exceso de temperatura en el escaldado.



Ruptura de la piel

Se debe revisar las desplumadoras ya que la posición de estas puede causar que la piel sufra rupturas.



Figura 23. Daños a la canal asociados al desangrado, escaldado, desplumado, etc., (postmortem).

4. ESTUDIOS COMPARATIVOS ENTRE LOS SISTEMAS DE CAPTURA TRADICIONAL Y BRASILEÑO

Como parte de las actividades de investigación del Macroproyecto titulado “Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en México” con registro y fondos de SAGARPA-CONACYT-COFUPRO No. 109127. Se buscaron alternativas tecnológicas que pudieran ayudar a mejorar la calidad de los productos finales y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de la cadena de producción consumo de carne de ave, por lo que se financió la tesis de maestría de Ruth Tejeda (2012). Con de

Tejeda (2012) realizó un estudio de comparación entre sistemas de captura en parvadas con buena salud e identificadas de acuerdo al peso y edad en dos grupos como aves ligeras (35 días y peso promedio 1.73 Kg) y aves pesadas (46 días y peso promedio de 2.86 Kg). Lo que le permitió distinguir como el tipo de ave y el sistema de captura utilizado afectan la eficiencia general del sistema.

Debido a que los parámetros de captura varían de acuerdo al tipo de ave y sistema utilizado, por lo que en este estudio se observó que cuando se capturan aves ligeras un hombre captura 466 aves por el sistema tradicional y 266 aves por el sistema brasileño, mientras que cuando se trata de aves pesadas un trabajador captura 600 aves por el sistema tradicional y 225 por el sistema brasileño. Si bien hubo diferencias entre los diferentes sistemas evaluados, asociados a diferente número de trabajadores en cada embarque y otras variables, la observación clave, es que el tiempo requerido para embarcar en el modo brasileño fue el doble, pero el número de muertes y de lesiones fue menor.

Y es que cuando se evalúan los sistemas de captura, es importante incluir el impacto del sistema con respecto al tipo de lesiones que se observan. En el cuadro 3 se reportan las lesiones observadas de acuerdo al tipo de ave y al sistema utilizado.

Cuadro 3. Lesiones en las canales en función de su peso (ligeras vs. pesadas) y del sistema de cosecha utilizado (tradicional vs. brasileño)

Lesiones	Peso			Captura		
	Li	Pe	P	Tr	Br	P
Ala rota	12 ^b	0 ^a	0.002	8	4	0.735
Ala dislocada	8	13	0.258	12	9	0.513
Ala con hematoma	20 ^a	73 ^b	0.000	51	42	0.281
Punta del ala con hematoma	29 ^a	133 ^b	0.000	87	75	0.172
Pigostilo con hematoma	55 ^a	109 ^b	0.000	100 ^b	64 ^a	0.000
Pierna con hematoma	7	10	0.450	9	8	0.816
Rasguño en lomo	14 ^a	52 ^b	0.000	29	35	0.375
Total	143	390		296	237	

Interacciones	Peso * Captura				
	LT	LB	PT	PB	P
Ala rota	5	4	0	0	0.735
Ala dislocada	6	2	6	7	0.278
Ala con hematoma	10	10	41	32	0.281
Punta del ala con hematoma	13 ^a	16 ^a	74 ^b	59 ^b	0.020
Pigostilo con hematoma	33	22	67	42	0.119
Pierna con hematoma	5	2	4	6	0.212
Rasguño en lomo	6	6	23	29	0.375
Total	78	62	215	175	

*Las diferentes literales en el mismo renglón indican diferencia estadística significativa (P <0.05)

Li: aves ligeras

Pe: aves pesadas

Tr: sistema de captura tradicional

Br: Sistema de captura brasileño

LT: aves ligeras y sistema de captura tradicional

LB: aves ligeras y sistema de captura brasileño

PT: aves pesadas y sistema de captura tradicional

PB: aves pesadas y sistema de captura brasileño

Cuando se evaluaron lesiones la mayor parte de ellos corresponden a hematomas causados por manejo *antemortem*. Este se refiere a toda la serie de pasos desde la preparación de la parvada en granja, hasta la insensibilización. Donde es posible observar que la captura brasileña causó significativamente menos lesiones, esto se explica debido a que este sistema requiere un manejo más cuidadoso además de ser una sujeción individual, por lo tanto disminuye también el número de aves de desecho. Sin embargo, este sistema de captura requiere el aumento de trabajadores en la flotilla de captura, para mejorar el incremento en el tiempo de captura y por ende se elevan los costes de producción.

Es por lo tanto imperativo el poner en la balanza los costos que se tienen por una mayor mano de obra en el embarque, contra el valor de los animales muertos en el proceso y el de las piezas lesionadas, que no se podrán comercializar de manera óptima.

El Cuadro 4 muestra los resultados de la evaluación económica de ambos sistemas de captura para dos tipos de aves, siendo que se encontró que el promedio del costo por ave por concepto de captura fue de 0.038 pesos para el sistema tradicional, mientras que para el sistema brasileño fue de 0.082.

El análisis económico demostró que aun cuando el costo de captura es casi del doble, las pérdidas económicas asociadas a la mortalidad y los daños en la canal son menores con el sistema brasileño. El impacto económico que representa la mayor mano de obra, es menor que el costo asociado a mortalidad y a las pérdidas económicas en la canal.

Si bien, estos resultados pueden variar en función del estado de salud de los animales, la calidad del manejo que se tenga y las variantes asociadas al transporte, carga, descarga y matanza. Pero el punto clave, es que con un mejor manejo, la eficiencia de toda la cadena de producción-consumo se mejora, el bienestar animal de los pollos se mejora y la calidad de los productos que se comercializan es mayor y más rentable.

Cuadro 4. Pérdidas económicas asociadas a la muerte y lesiones de la canal en aves ligeras o pesadas, embarcadas con el método tradicional o con el brasileño.

Para 1000 aves	LT	LB	PT	PB
<i>En la caseta y en el andén</i>				
Desecho	8	2	7	2
Asfixiados	13	15	5	10
Muertes a la llegada del rastro	1	1	8	10
Total	22	18	20	22
Peso (kg)	27.39	22.41	41.18	45.29
Valor (pesos)	754.32	617.17	1134.09	1247.50
<i>Lesiones en la canal</i>				
Alas (n)	340	320	1210	980
Peso (kg)	23.46	22.08	139.15	112.7
Valor (pesos)	228.73	215.28	1356.71	1098.82
Pierna (n)	50	20	40	60
Peso (kg)	4.8	1.92	6.36	9.54
Valor (pesos)	150	60	198.75	298.12
Pérdidas totales (pesos)	1133.05	892.45	2689.55	2644.44
Diferencia		240.6		45.11
Costo por captura	43	75	33	89

5. ESTUDIOS COMPARATIVOS ENTRE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN RESTRINGIDA Y EL TIEMPO DE AYUNO

Los programas de restricción alimenticia son un método de control para la mortalidad por síndrome ascítico. Esto es debido a que se reducen las exigencias metabólicas del ave en cierta etapa de su vida, lo cual reduce la mortalidad, pero también la velocidad del crecimiento. Para reducir el impacto negativo de la restricción alimenticia, se han propuesto programas de restricción alimenticia temprana, los cuales han tenido una buena aceptación en la avicultura comercial.

Sin embargo, los programas de restricción modifican el tiempo de tránsito gastrointestinal, lo que a la larga modifica el patrón de vaciamiento. Esto puede repercutir en la calidad microbiológica de la canal, ya que como se mencionó previamente en este manual, la presencia de contenido intestinal, aumenta el riesgo de ruptura durante el eviscerado y pone en riesgo la inocuidad de los productos.

Para reducir estos riesgos, normalmente el pollo de engorda se dieta antes de su embarque. Esto ayuda a los animales, ya que tienen una menor carga metabólica durante la cosecha y embarque, lo que resulta en menores mortalidades y además reduce la carga microbiana tanto por una menor defecación durante el trayecto, como por un menor riesgo de ruptura intestinal durante la matanza.

El problema que se tiene con el tiempo de ayuno, es que cuando este es excesivo, los animales se pueden comenzar a auto consumir, lo que resulta en un menor rendimiento en canal y piezas.

Como parte de los trabajos de Ruth Tejeda (2012), se evaluaron tres sistemas de alimentación (*ad libitum*; restricción desde los 9 días al 80% del *ad libitum*; y restricción en tiempo de la disponibilidad de alimento iniciando con 8 y terminando con 10 horas al día para consumir alimento), sobre los cuales se impusieron factorialmente 4 diferentes tiempos de ayuno previos a la matanza (6, 12, 18 y 24 horas). Al final se midió la respuesta en función del rendimiento de la canal, peso de vísceras, así como la carga microbiológica de la canal (cuenta total de Aerobios y de Coliformes) (Figura 24).

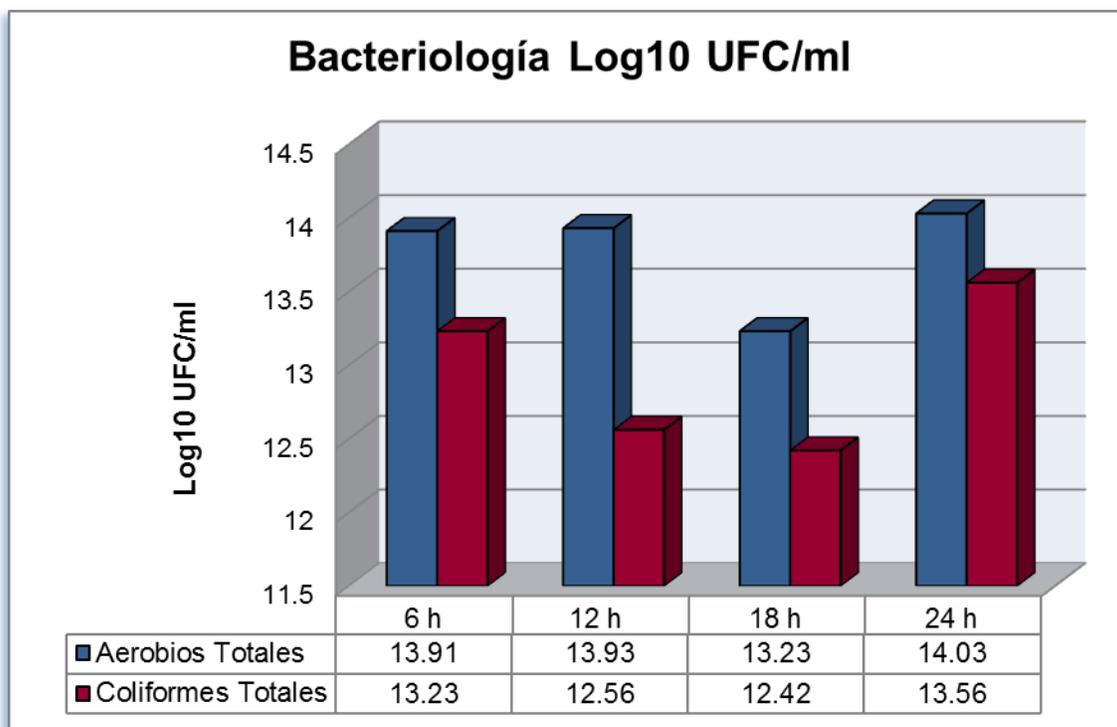


Figura 24. Resultados de carga microbiológica de la canal después de 4 diferentes tiempos de ayuno previos a la matanza.

Tejeda encontró que los pollos alimentados *ad libitum* fueron los que crecieron más. Sin embargo, tuvieron un 12% de mortalidad por ascitis, mientras que en los otros tratamientos, fue menor al 1%. El rendimiento de peso en pie antes del ayuno, hasta el peso en canal, también fue mayor en los animales *ad libitum* (68.5 vs. 67.3%). Esto se asoció a un mayor contenido intestinal (11%) y a un mayor peso de las vísceras (6%) en los animales alimentados bajo los sistemas de restricción alimenticia.

Al analizar los diferentes tiempos de ayuno, Tejeda encontró que el mayor cambio en el peso vivo, se da en las primeras 6 horas de ayuno (-4.7%), siendo constante entre las 12 y 18 horas (-7.3%) y aumenta de nuevo luego de 24 horas (-8.5%). El rendimiento en canal considerando el cambio de peso desde el inicio del ayuno y hasta el peso de la canal caliente, mostró una reducción lineal con respecto del tiempo. A las 6 horas es de 69.6% a las 12h de 66.6%; a las 18h de 67.3% y ya casi no cambia a las 24h con 67.45%.

El contenido intestinal se redujo linealmente desde 47g con el menor tiempo de ayuno, hasta 26g a las 24h. Sin embargo, el peso de las no varió entre los diferentes tiempos de ayuno (promedio de 8.48g).

El uso de conteos de aerobios totales, así como de coliformes son herramientas útiles para determinar tanto la calidad microbiológica como las condiciones sanitarias donde se realizó el procesamiento de una parvada avícola. Asimismo son un instrumento que nos permite evaluar un programa de ayuno. Se asume que las rupturas intestinales son las principales causas de contaminación (ya sea por intestinos muy llenos; o por intestinos completamente vacíos con presencia de gas y que pudieran ser más frágiles y propensos a la ruptura). Los resultados obtenidos muestran una relación entre los conteos de coliformes y las horas de ayuno. Se observa una mayor presencia de coliformes totales en respuesta a tiempos cortos o excesivos de ayuno. Siendo en general la mejor respuesta entre las 12 y 18 horas de ayuno.

6. ASPECTOS DE LA CALIDAD DE LA CARNE DE POLLO RELACIONADOS CON EL MANEJO ANTEMORTEM

6.1. Metabolismo muscular

Luego de la muerte del animal, sistemas como el respiratorio y circulatorio se detienen. Sin embargo, los tejidos y sus células no mueren inmediatamente, por lo que su metabolismo se va reduciendo paulatinamente. Incluso luego de la muerte celular, algunas funciones celulares continúan activas. Algunas enzimas de las células, continúan teniendo actividad hasta meses después de la muerte, ejemplo de esto son las que previenen la oxidación y las que degradan proteínas.

Como resultado de la actividad celular después de la muerte, ocurre lo que se llama “la transformación de músculo a carne”. Esto es un proceso bioquímico, que inicia cuando la célula muscular, ante la falta de riego sanguíneo y oxígeno, comienza a producir energía mediante la producción de ácido láctico, lo que resulta en una acidificación del ambiente celular (caída del pH).

Luego de que el pH baja y conforme se agota la energía de la célula, comienza el proceso de rigidez cadavérica o rigor mortis; el cual es seguido de un proceso de ablandamiento de la carne conocido como maduración.

La maduración de la carne, es resultado de la actividad proteolítica de las enzimas celulares, que van degradando el arreglo molecular estructural de las fibras musculares y resulta en el consecuente ablandamiento de la carne (resolución del *rigor mortis*).

A diferencia de lo que ocurre en otras especies animales, donde el proceso de maduración lleva varios días (para carne de cerdo, se requieren al menos 5 días; para ovinos de 7 a 10 días; para bovinos de 14 a 30 días), la maduración de la carne de ave (Sams, 1999) en refrigeración ocurre en poco tiempo (entre 2 a 4 horas). A pesar de esto, en algunos países se busca una mayor suavidad, por lo que se promueven periodos de maduración de 8 horas, antes del deshuesado. Esto debido a que las exigencias del mercado son altas para indicadores de calidad como la suavidad.

El deshuese de las canales conservadas en refrigeración a 4°C, es recomendable que se haga luego de 4 horas para lograr una buena suavidad. En el caso de canales deshuesadas antes de la maduración, se requiere un almacenamiento adicional, de hasta por 3 días para mejorar su suavidad, sin embargo esta práctica es complicada en mercados donde se busca una rápida tasa de retorno de la inversión.

6.2. Defectos asociados al metabolismo muscular

Cuando se presentan condiciones de manejo inadecuadas, el metabolismo muscular se altera en el animal tanto en vida, como en la muerte.

El estrés y el calor excesivo durante y posterior a la matanza, hace que el metabolismo muscular sea muy activo, lo que puede resultar en una excesiva producción de ácido láctico por parte de la célula muscular. Esto produce una acelerada caída en el pH, lo que altera la estructura de las proteínas y reduce su capacidad de retener agua.

Cuando se reduce la capacidad de retención de agua en la carne, aumenta la palidez de la carne, haciéndola desagradable a la vista del consumidor y poco apta para su transformación en productos con valor agregado, como son los marinados, jamones, nuggets, etc., donde el industrial hace negocio al incrementar la cantidad de agua en que se diluye la proteína animal.

Sin embargo, no todos los músculos del pollo responden igual. Existen diferencias entre los tipos de músculos, por ejemplo el músculo del muslo es menos sensible a factores ambientales que la pechuga, esto está determinado por el tipo de fibra muscular, la exposición al ambiente (y por ende la velocidad de enfriamiento), la genética, el tiempo de ayuno previo, la calidad del manejo y el grado de estrés en los animales.

Se ha observado que el estrés antemortem, independientemente de la causa, acelera la caída del pH del músculo, dando lugar a la carne con la condición pálida suave y exudativa (PSE). Esta carne se caracteriza por presentar un color pálido, consistencia suave y una alta pérdida de agua. Condición que se agrava en verano y en días muy calurosos.

A mayor calor antemortem, menor pH en la pechuga, coloración más pálida y menos capacidad para retener agua (Petracci *et al.*, 2004).

Una condición importante y frecuente de la presencia de carne PSE, es la exposición a elevadas temperaturas ambientales (mayor a 20°C) cuando el animal está a la espera del insensibilizado. Esto se agrava en los andenes donde las condiciones ambientales son muy agresivas para los animales, exceso de luz, ruido de motores, camiones, aglomeración de aves, etc.

Para tratar de distinguir la calidad de la carne de pollo en función del color, se realizaron experimentos distinguiendo a las pechugas en pálidas, normales u oscuras (Quiao *et al.*, 2002), y comparó su pH, la capacidad de retener agua, la capacidad de formar emulsiones, la capacidad de retener marinado y la pérdida de agua por cocción (Cuadro 5). Los resultados muestran que en general es peor la calidad del pollo mientras más pálido es, pero el pollo oscuro también puede tener problemas, ya que tiene una mayor probabilidad de desarrollar malos olores durante la refrigeración (Allen *et al.*, 1997) y por lo tanto una menor vida de anaquel.



Figura 25. Comparación de color entre dos pechugas de pollo en punto de venta.

Cuadro 5. Impacto del pH y el color de la carne de pollo cruda, sobre las características funcionales y la rapidez para generar mal olor durante la refrigeración.

Color	pH	Luminosidad (L*)	Pérdida de jugo, % (compresión)	Capacidad emulsionante	Marinado absorbido, %	Peso luego de cocinar, %	Mal olor en refrigeración
Obscuro	6.23	43.4	38.5	83	16.3	88.9	Alta
Normal	5.96	49.6	43.8	81	17.1	85	Normal
Pálido	5.81	53.5	51.7	79	17.6	82.6	Normal

Elaborado a partir de datos de Quiao et al, 2002 y de Allen et al., 1997.

Desde el punto de vista del consumidor final, es relevante aclarar que el sabor de la carne no es diferente en función de su palidez. Pero la textura de la carne, tiende a ser más dura para los consumidores que comen carne pálida que carne normal u oscura (Zhuang y Savage, 2010).



Figura 26. Comparación de color entre milanesas de pollo en punto de venta.

Para tratar de reducir este estrés, sobretodo en condiciones de calor se ha propuesto “bañar o mojar la parvada” en la espera en andén. Esto muchas veces es incorrecto, ya que si no se tiene una ventilación adecuada, la humedad relativa aumenta tanto, que algunas aves pueden incluso “ahogarse”, ya que no pueden eliminar calor mediante el jadeo; además debido al baño, las aves no podrán ser insensibilizadas de modo correcto, causando pérdidas por decomisos parciales y un mal desangrado. Lo ideal es mejorar las condiciones ambientales a las que son sujetas las aves antes de la matanza.

6.3. Alternativas de uso de carne PSE

El consumo de productos avícolas listos para su consumo o precocidos, continúa en aumento; siendo una alternativa para procesadores que buscan transformar la carne en productos con valor agregado. Sin embargo, este tipo de productos demanda el uso de carne de pollo que no presente la condición de carne PSE, debido a que esta causa fallas en la manufactura de este tipo de productos, sobre todo cuando se requiere realizar marinado o un preformado.

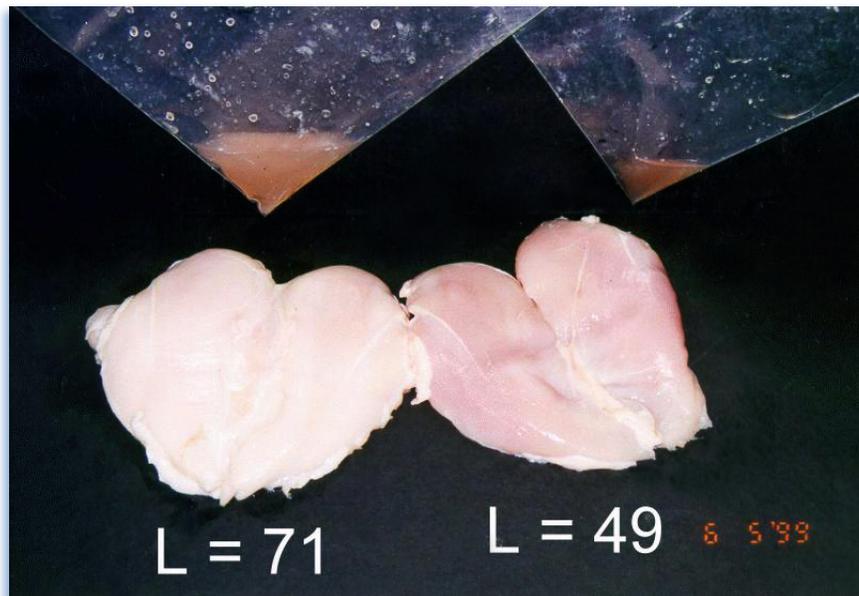


Figura 27. Pechuga normal y pechuga PSE. Dr. Alan Sams, Texas A&M University.

En la figura 27, se muestran dos pechugas, una normal y otra PSE, la de la izquierda, es carne PSE, tiene un mayor valor de L (luminosidad), por lo que se ve pálida, la bolsa en la que estuvieron contenidas, muestra además su menor capacidad de retención de agua.

La clasificación de la carne PSE, se realiza mediante la evaluación del color y la medición del pH en pechuga, estas pruebas son fáciles, rápidas y no es necesario realizar macerados o cortes de la carne. Lo que las hace ideales para aplicar en la línea de procesamiento. Las pruebas de pérdida de agua por cocción y pérdida de agua por goteo son más tardadas, sin embargo, pueden ser necesarias para determinar el procesamiento al que ha de destinarse la carne PSE en específico.

Todo el sistema de producción y proceso, debe de estar enfocado a limitar la producción de carne PSE. Sin embargo, cuando se llega a producir alguna proporción de esta, existen algunas estrategias que pudieran permitir su uso en cierta proporción:

- Uso de aglutinantes.
- Uso de ingredientes no cárnicos que mejoren la textura.
- Mezclar una proporción de carne PSE con carne normal para contrarrestar sus efectos.
- No incluir agua en la formulación de productos, cabe recordar que esta carne es incapaz de mantenerla ligada.
- Controlar la temperatura antes, durante y en la resolución del rigor mortis (etapa de maduración) de la carne.
- Controlar las condiciones de manejo antemortem de la parvada.

En el caso de productos marinados, una alternativa de uso en carnes con baja capacidad de retención de agua, son los inyectores con agujas de menor espesor, el número de agujas por área, su grosor, la presión, velocidad e inyección son parámetros que deben regularse. El uso de agujas gruesas en las carnes PSE no es adecuado ya que pueden romper la estructura de la carne, lo que reduce la cohesividad de los productos. El uso de masajeadores facilita la distribución de humedad, introducción de la salmuera y finalmente mejora el rendimiento y la jugosidad en estos productos de menor calidad.

7. REPERCUSIONES DEL MANEJO ANTERMORTEM, EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

7.1. Calidad microbiológica de las canales de pollo

El estrés generado durante el ayuno, la captura y transporte provoca alteración de la función intestinal y la propagación de microorganismos intestinales. Muchas parvadas que inicialmente son negativas a salmonella, pueden resultar positivas luego de su transporte al rastro. Una causa de esto, es la defecación durante el embarque y transporte, ya que facilita la contaminación cruzada entre las aves y posteriormente entre canales y equipo de proceso.

Durante el procesamiento de la parvada de pollo de engorda, las etapas de desplumado, evisceración y enfriado son las etapas que mayor contaminación añaden a las canales. Otra importante fuente de contaminación, son las manos de los operadores, así como el equipo y utensilios empleados durante el procesamiento. La reducción de la prevalencia de salmonella en granja y la disminución de estrés durante el manejo *antemortem* son estrategias eficaces para garantizar la calidad e inocuidad de las canales de pollo (Marin y Lainez, 2009).

Otra estrategia importante para reducir la proliferación de microorganismos patógenos, es el manejo del ayuno, según lo que se mencionó al inicio de este documento.

El crecimiento de microorganismos en las canales es normal y prácticamente inevitable. Sin embargo, la carne continua siendo inocua (no hace daño), siempre y cuando el número y tipo de bacterias presentes sea limitado.

Mientras el ave está viva y sana, sus músculos son estériles, condición que se mantiene durante la transformación a carne después de la muerte del ave. Sin embargo, cuando se realiza procesamiento secundario, es decir cuando se somete la carne a corte, deshuese y picado, se favorece la introducción de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) al músculo, causando lo que se conoce como contaminación microbiológica.

Una estrategia para impedir que las bacterias que ya están presentes en la carne continúen reproduciéndose y aumentando su número, es mantener una temperatura fría (menos de 3°C), ya que esto ayuda a frenar el crecimiento de la mayoría de las bacterias.

Como regla general, se establece que la cantidad de microorganismos presentes en la piel de pollo vivo, determinará primordialmente la microbiota de las canales. Sin embargo, hay que sumar también la carga bacteriana que se agrega durante el procesamiento. Esto es muy importante, ya que la cantidad total (carga microbiana) y el tipo de bacterias presentes, va a influir directamente en su tiempo de conservación, así como en algunas de sus características organolépticas (olor, color y sabor).

Desde mediados del siglo pasado, ya se había observado esta relación, entre carga microbiana en el animal vivo y en su canal. Los investigadores Walker y Ayres (1956), realizaron conteos microbianos en la piel de aves vivas y encontraron que, cuando el número de bacterias por cm² era de 600 a 1,800, posterior al procesamiento, el número ascendía a 11,000-93,000 microorganismos por cm² en la canal (Mountney y Parkhurst, 2001).

Debido a que las cuentas de microorganismos son tan grandes, los métodos que se utilizan en sus conteos expresan magnitudes en forma de logaritmos de base diez. Así una cuenta, que tenga un log, implica que hay menor a 10, pero cuentas de 5 log, implican números menores a 10,000. Estos números además se expresan en unidades formadoras de colonias (ufc), que representan a cada célula capaz de sobrevivir luego de ser incubada.

Los géneros bacterianos generalmente relacionados con la alteración organoléptica de las canales son: *Pseudomonas*, *micrococcus*, *Achmobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Proteus*, *Bacillus*, *Sarcina*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Escherichia*, *aerobacter*, *Streptomyces*, *Penicillum*, entre otros.

En Estados Unidos *Salmonella* puede aislarse en el 99% de los vehículos de transporte de aves al rastro (Northcutt et al. 2003). Eso explica en parte, porque aves negativas a salmonella en granja, dan resultados positivos en canal.

En el mismo estudio (Northcutt et al., 2003) el recuento de *Campylobacter* en ciego de aves sacrificadas en granja fue de 3.7 log 10 ufc/g mientras que en aves que fueron transportadas durante toda la noche se observó un incremento a 7.1 ufc/g, la misma investigación indicó que se observaron aumentos de hasta 2.5 log en ciegos de las aves aun cuando las canales no resultaron contaminadas.

Hasta 70% de las aves no infectadas se convirtieron en portadores de *Campylobacteri jejuni* cuando se exponen durante 24 h a pollos infectados dentro de las jaulas de transporte. Después del transporte las aves infectadas aumentan la excreción fecal de este patógeno. También se ha observado que el descanso de las parvadas previo al sacrificio reduce la excreción y número de aves infectadas.

7.2. Vida de anaquel y su evaluación

El concepto de vida de anaquel, se refiere al tiempo que la carne de pollo puede soportar antes de que se haga sensorialmente inaceptable, o que constituya un riesgo para la salud de quien lo consuma.

Los alimentos son perecederos por naturaleza, pero la velocidad con que pierden sus características sensoriales y su inocuidad, puede ser controlada en beneficio de la cadena de comercialización consumo. Una mayor vida de anaquel, implica menores pérdidas por consumidores enfermos, por alimentos descompuestos y carne no vendida.

La velocidad y el tipo de cambios enzimáticos posteriores a la matanza de los pollos y durante el almacenamiento pueden ser controlables y están estrechamente relacionados a factores ambientales, de bienestar animal, genética y nutrición de los pollos, así como del procesado de la canal. Por lo que las buenas prácticas de manejo y manufactura pueden ayudar importantemente a extender la vida de anaquel.

De la misma forma, la calidad microbiológica es un componente esencial, que influye directamente en varias de las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de pollo, y por ende son relevantes en la toma de decisiones por parte del consumidor.

El deterioro de la carne comienza desde el momento mismo de la muerte, aún en condiciones de refrigeración. Esto se agrava aún más, cuando la carga microbiológica inicial es alta. El concepto de “carga microbiana” es muy relevante, particularmente para la canal del pollo de engorda, la cual normalmente se expone a diversas floras microbianas durante los procesos propios al de la matanza y faenado.

Esta exposición a diferentes microorganismos, hace en extremo relevante el hecho de que la canal se enfríe y se mantenga siempre fría a lo largo de la cadena de producción-distribución y hasta el momento de su cocinado. Ya que las temperaturas bajas, limitan la velocidad de crecimiento de las bacterias.

El procesamiento de las aves incluye el enfriamiento de las canales, lo que permite reducción de temperatura en las canales hasta cerca de dos grados centígrados, en aproximadamente 1 a 1.5 h, después de esto deben ser mantenidas a temperaturas máximas de 4°C (Cavitt et al. 2004).

El deterioro de los productos cárnicos durante su conservación a bajas temperaturas, normalmente se asocia a fallas de refrigeración, las cuales incluyen: mal control de temperatura; cambios bruscos en la humedad relativa; deficiente circulación de aire; inadecuada distribución de productos; mala higiene de la cámara fría, etc.

Para tratar de reducir los problemas asociados a refrigeración, se puede también utilizar la congelación. Pero al igual que sucede en las cámaras de refrigeración, se debe de contar con controles minucioso, ya que las fluctuaciones de temperatura causan la formación de cristales de hielo y sublimación de agua provocando deshidratación en partes expuestas al ambiente, conocida como quemadura por congelación.

Los cambios físicos que se pueden observar durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración son: pérdida de agua y sustancias volátiles por aumento de la evaporación debido a la acelerada circulación del aire frío.

Los cambios químicos como rancidez oxidativa son provocados por variaciones de temperatura, sin embargo, el pollo al tener la mayor proporción de grasa en la piel, puede tener menos oxidación que otros tipos de carnes, aun así la oxidación de la grasa provoca cambios sensoriales perceptibles para el consumidor.

Una forma de incrementar la vida de anaquel, es mediante el uso de empaques que nos ayuden a limitar el impacto negativo del ambiente sobre la carne, y sobre todo a limitar el contacto con bacterias externas, o el crecimiento de las ya presentes en el producto.

Dentro de las muchas alternativas de empaque, se encuentra el envasado en atmosferas modificadas, donde se emplean combinaciones de CO₂, CO, N₂ y O₂ para reprimir el desarrollo de flora aerobia que produce acidificación y putrefacción de la carne. Las atmosferas modificadas retrasan el crecimiento de bacterias aerobias Gram negativas, especialmente *Pseudomonas*. Sin embargo, otras bacterias como *Brochothrix thermosphacta* responsable del deterioro potencial de productos cárnicos, no se elimina por completo.

El empaquetado con CO₂ al 100% produce menos variaciones en el color y pH de la carne, también se ha observado un menor incremento de microorganismos (psicrófilos, mesófilos y *Staphylococcus*) a los 9 días de almacenamiento (Cortez Vega et al, 2012).

Los estudios de vida útil de productos cárnicos se llevan a cabo mediante evaluación microbiológica y sensorial, sin embargo, si se emplean los métodos tradicionales de cultivo resulta imposible obtener resultados de forma rápida y oportuna.

Una alternativa al uso de microbiología tradicional, es el uso de pruebas moleculares, que de forma indeterminada hacen estimaciones rápidas de la carga microbiana, así como la determinación de algunos géneros bacterianos específicos como son *Salmonella* y *Listeria*.

Otra alternativa, es el uso de indicadores de cambios químicos por el efecto del metabolismo bacteriano. Lo más simple es la medición del pH de la carne, donde un aumento en el pH, indica degradación proteica.

Otro método más complicado, consiste en la medición de aminas biogénicas (histamina, cadaverina, putresina, espermina y espermidina) resultantes de la descarboxilación bacteriana de los aminoácidos. La determinación de estas moléculas puede ser útil como indicador de deterioro o putrefacción, sobre todo en términos de investigación. Los niveles de putresina y cadaverina aumentan linealmente en la carne cuando se almacena bajo condiciones aeróbicas. Los niveles de histamina se observan hasta 11 días después bajo condiciones anaeróbicas, en tanto la putresina, cadaverina, y tiramina se observa después de 15 días (Christiana et al 2007). Estas técnicas requieren el uso de equipos muy caros como son el HPLC o el cromatografo de gases.

El análisis sensorial es también una herramienta útil en la predicción de la vida útil de los productos, sin embargo, tiene la desventaja de requerir de un panel entrenado para minimizar la subjetividad.

8. ESCALAS DESCRIPTIVAS PARA LA EVALUACIÓN DE COLOR DE LA PIEL Y CARNE DE POLLO

El color y la apariencia de la carne se encuentran dentro de los principales atributos de calidad que influyen en la decisión de compra del consumidor. El color que vemos en la carne es el resultado de una fuente de luz que puede variar en color (blanca, roja, luz de día, etc.), que interactúa con pigmentos que tienen la capacidad de absorber fracciones de luz o que no se absorbe, de modo que lo que se refleja es el color que nosotros percibimos.

La cantidad y el tipo de luz que percibimos, normalmente no varía mucho entre personas. Lo que tiene una gran variación, son los juicios que emitimos respecto al color y que son la base de la preferencia entre una u otra carne. Estos juicios se basan en ideas preconcebidas y experiencias personales, que resultan en que consideremos una carne como segura, fresca, jugosa o inadecuada por su consumo.

Esta escala, trata de ser un soporte en la toma de decisiones, basadas en la diferenciación de carne y piel de pollo en función de su color. Se basa en las diferencias que existen en el color de la pechuga fresca de pollo y de la piel de canales de pollo frescas. La idea, es que sirva de muestra para que los consumidores tengan una ayuda visual que les permita distinguir entre diferentes calidades de carnes.

Los patrones de colores que aquí se presentan fueron desarrollados con financiamiento del fondo sectorial SAGARPA-CONACYT, proyecto 109127. Estos patrones de color, son los primeros científicamente sustentado, con datos de la parvada nacional.

Escala Descriptiva para la Evaluación Visual del color en Carne Fresca de Pollo

El color de la carne de pollo puede ser “muy pálida” (categoría 1 de la escala o inferior) hasta “muy oscura” (categoría 5 o superior).

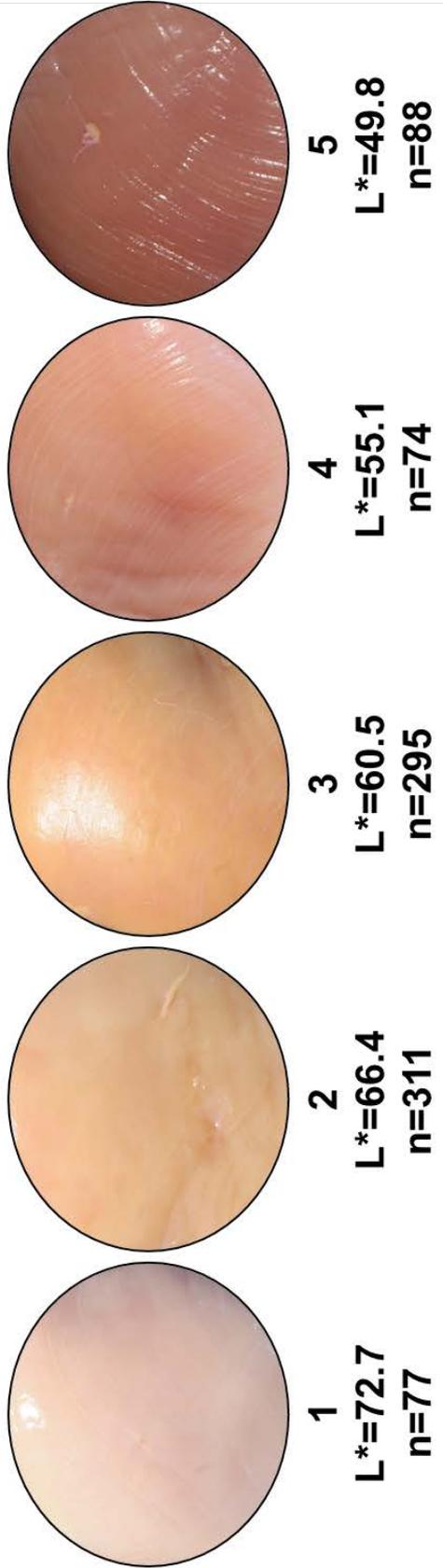
Generalmente, la carne con color de categoría 1 presenta el defecto de ser muy pálida, suave y exudativa y por consiguiente, no es adecuada para la elaboración de productos procesados puesto que tiene poca capacidad de retener agua, lo que entorpece el proceso tecnológico y disminuye el rendimiento; es además una carne muy seca al cocinado. Por el contrario, la carne con color de categoría 5 o superior tiene una apariencia indeseable que tiende a provocar el rechazo del consumidor por ser carne muy oscura. No es la más recomendable para la venta como carne fresca, ni tampoco para la elaboración de productos procesados, pues su elevado pH (>6) la hace muy propensa al deterioro.

No obstante, conviene aclarar que el color de la carne en diferentes músculos de la canal puede tener gran variación, según la localización anatómica y la función de cada uno de ellos. Por tanto, el uso del patrón de colores que aquí se presenta debe limitarse a los ámbitos de aplicación que enseguida se describen.

El patrón desarrollado constituye una escala descriptiva de los posibles colores que se pueden presentar en la pechuga fresca de pollo. Por tanto, su empleo requiere de personal entrenado, por lo que sólo se debe usar como referencia y como guía para la capacitación del personal que participará en la calificación del color. NO DEBE ser usado con paneles sensoriales de jueces consumidores o con personal no entrenado.

La correcta aplicación de esta escala subjetiva de color requiere de condiciones particulares. La carne a evaluar no debe haber estado expuesta al aire con anterioridad a la medición. La evaluación comienza con la presentación de la pechuga (obtenida de las canales a las 24-48 horas post mortem) a una temperatura ≤ 3 °C, a la cual se le debe retirar la piel y exponer al aire al menos 30 min justo antes de calificar el color. Asimismo, se recomienda usar una fuente de iluminación con temperatura del color de 3200 °K (similar a una bombilla incandescente), la cual debe incidir en un ángulo de 45° con respecto a la superficie de la carne, en la que se debe garantizar una intensidad de luz de 150 candelas (1614 luxes). Se deben tomar las precauciones para evitar que otras fuentes de iluminación incidan simultáneamente sobre la carne a evaluar.

Patrones visuales de la escala de color en carne de pollo



Escala Descriptiva para la Evaluación Visual de la Pigmentación de la Piel del Pollo

Las canales de pollos que no fueron sometidos a un tratamiento de pigmentación durante la engorda tienen una apariencia de “pollo blanco” (categoría 1 de la escala o inferior). En los animales que sí son pigmentados en las granjas de engorda, el color de la piel puede variar entre un amarillo muy pálido (categoría 2) y un amarillo muy fuerte (categoría 6). Según las preferencias en el mercado de destino, en algunos escenarios el “pollo blanco” puede ser la mejor opción. En otros, donde el color amarillo de la piel sea importante, las categorías 5 y 6 tienen una posición ventajosa.

Conviene aclarar que la pigmentación de las canales de pollo puede tener gran variación, según varios factores; entre ellos, el nivel y el tiempo de administración de pigmentos en la dieta, la temperatura de escaldado. Por tanto, el uso del patrón de colores que aquí se presenta debe limitarse a los ámbitos de aplicación que enseguida se describen.

El patrón desarrollado constituye una escala descriptiva de los posibles colores que se pueden presentar en la piel del pollo fresco refrigerado. Por tanto, su empleo requiere de personal entrenado, por lo que sólo se debe usar como referencia y como guía para la capacitación del personal que participará en la calificación del color. NO DEBE ser usado con paneles sensoriales de jueces consumidores o con personal no entrenado.

La correcta aplicación de esta escala subjetiva de color requiere de condiciones particulares. La evaluación comienza con la presentación de las canales a una temperatura ≤ 4 °C, a las 24-48 horas post mortem. Se recomienda usar una fuente de iluminación con temperatura del color de 3200 °K (similar a una bombilla incandescente), la cual debe incidir en un ángulo de 45° con respecto a la superficie de la carne, en la que se debe garantizar una intensidad de luz de 150 candelas (1614 luxes). Se deben tomar las precauciones para evitar que otras fuentes de iluminación incidan simultáneamente sobre la carne a evaluar.

Patrones visuales de la escala de color en piel de pollo



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen C.D., S.M. Russell, y D.L. Fletcher. (1997) The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor developmen. *Poult Sci.* 76:1042-1046.
- AVPA - Australasian Veterinary Poultry Association. (2011) Photographic Encyclopaedia of Australian Poultry Diseases, Ascites. <http://www.avpa.asn.au/veterinarian-support/ascites/>
- Bagust T.J. (2012) Salud de las aves de corral y control de enfermedades en los países en desarrollo. FAO. <http://www.fao.org/docrep/016/al733s/al733s00.pdf>
- Barbut S. (2009) Pale, soft, and exudative poultry meat—Reviewing ways to manage at the processing plant. *Poult. Sci.* 88 :1506–1512
- Bayliss P.A., Hinton M.H. (1990) Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *App. Anim. Behav. Sci.*, 28, pp 93-118.
- Berri C., Debut M., Santé-Lhoutellier V., Arnould C., Boutten B., Sellier N., Baéza E., Jehl N., Jégo Y., Duclos M.J., Le Bihan-Duval E. (2005) Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. *Br. Poult. Sci.* 46 (5), pp 572–579
- Berri C., Le Bihan-Duval E., Baéza E., Chartrin P., Picgirard L., Jehl N., Quentin M., Picard M., Duclos M.J. (2005) Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium- and slow-growing commercial chickens. *Anim. Res.* 54, pp 123–134.
- Berg, C.C. (1998) Foot-pad dermatitis in broilers and turkeys. Doctoral thesis, University of Agricultural Sciences. Uppsala. http://pub.epsilon.slu.se/1514/1/Lotta_Berg_Avhandling.pdf.
- Bianchi M., Petracci M., Franchini A., Cavani C. (2006) The occurrence of deep pectoral myopathy in roaster chickens. *Poult. Sci.* 85:1843-1846
- Bilgili S.F., Hess J.B. (1982) Green Muscle Disease in broilers increasing. *World Poult.* 18:42-43.
- Broom D.M., Johnson K.G. (1993) *Stress and animal welfare Chapman and Hall Animal Behavior Series.* Kluwer Academic publishers. 1ª edición.

- Cavitt L.C., Youm G.W., Meullenet J.F., Owens C.M., Xiong R. (2004). Prediction of Poultry Meat Tenderness Using Razor Blade Shear, Allo-Kramer Shear, and Sarcomere Length. *J Food Sci.* 69:1
- Christiana C. B., Apostolos P., Kontominas M.G., Savvaidis I.N. (2007) Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chem.* 104: 1622–1628.
- Cortez-Vega W.R., Pizato S., Prentice C. (2012) Quality of raw chicken breast stored at 5c and Packaged under different modified atmospheres. *J. of Food Saf.* 32:360–368
- Debut M., Berri C., Arnould C., Guemené D., Santé-Lhoutellier V., Sellier N., Baéza E., Jehl N., Jégo Y., Beaumont C., Le Bihan-Duval E. (2005) Behavioural and physiological responses of three chicken breeds to pre-slaughter shackling and acute heat stress. *Br. Poult. Sci.* 46(5), pp 527–535
- Delezie E., Verbeke W., Tavernier D., Decuyper E. (2007). Consumer Perception Versus Scientific Evidence About Alternatives for Manual Catching of Broilers in Belgium. *Poultry Sci.* 86:413–419
- Delezie E., Swennen Q., Buyse J., Decuyper E. (2007). The Effect of Feed Withdrawal and Crating Density in Transit on Metabolism and Meat Quality of Broilers at Slaughter Weight. *Poult. Sci.* 86:1414–1423
- DOF (1999) Modificación a la norma oficial mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.
- Duncan I.J.H (1981) Animal Rights-Animal Welfare: A Scientist's Assessment. *Poult. Sci.* 60:489-499
- Dunn A.A., Tolland E.L., Kilpatrick D.J., Gault N.F. (2000) Relationship between early post-mortem muscle pH and shortening-induced toughness in the *Pectoralis major* muscle of processed broilers air-chilled at 0°C and –12°C. *Br. Poult. Sci.* 41(1), pp 53–60.

- European Commission (2000) The welfare of chickens kept for meat production (Broilers). Report of the scientific committee on animal health and animal welfare. SANCO.B.3/AH/R15/2000.
- Gerrits A.R. (1986) El transporte de broilers desde la granja al matadero. *Selecciones Avícolas*, Vol. 28, No. 5, pp 156-162.
- Knowles, T.G., Kestin, S.C., Haslam, S.M., Brown, S.N., Green, L.E., Butterworth, A., Pope, S.J., Pfeiffer, D. y Nicol, C.J. (2008) Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS One*, 2: e1545.
- Lien, R., Bilgili, S., Hess, J., y Joiner, K. (2012) Induction of Deep Pectoral Myopathy in Broiler Chickens Via Encouraged Wing Flapping. *J Appl Poultry Res*, 556-562.
- Marin C, Lainez M. (2009) *Salmonella* detection in feces during broiler rearing and after live transport to the slaughterhouse. *Poult. Sci.* 88 :1999–2005
- Mountney G., Parkhurst C.R. (2001) *Tecnología de productos avícolas*. Acribia Editorial.
- Nicol C.J. (2012) Bienestar de las aves de corral en los países en desarrollo. Cuestiones de bienestar animal en la producción comercial de pollos de engorde. FAO. <http://www.fao.org/docrep/016/al723s/al723s00.pdf>
- Nicol C.J., Scott G.B. (1990) Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 28, pp 57-73.
- Nielsen B.L. (2009) Welfare of meat producing poultry. Poultry Welfare Symposium, Cervia, Italia. pp. 18-22.
- Nijdam E., Delezie E., Lambooij E., Nabuurs M.J.A, Decuypere E., Stegeman J.A. (2005) Comparison of Bruises and Mortality, Stress Parameters, and Meat Quality in Manually and Mechanically Caught Broilers. *Poult. Sci.* 84:467–474.
- Nijdam E., Arens P., Lambooij E., Decuypere E., Stegeman J.A. (2004). Factors Influencing Bruises and Mortality of Broilers During Catching, Transport, and Lairage. *Poult. Sci.* 83:1610–1615

- Northcutt J.K, Berrang M.E., Dickens J.A., Fletcher D.L., Cox N.A.(2003) Effect of Broiler Age, Feed Withdrawal, and Transportation on Levels of Coliforms, *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Salmonella* on Carcasses Before and After Immersion Chilling. *Poult. Sci.* 82:169–173
- OIE (2012) Código Sanitario para los Animales Terrestres. http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/?htmfile=chapitre_1.7.1.htm
- Revista de Avicultura (1991) El transporte de broilers y el stress producido por el calor. *Selecciones Avícolas*, Vol. 33 No. 5, pp 293-297
- Petracci M., M. Betti, M. Bianchi, y C. Cavani. (2004) Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poult Sci.* 83:2086-2092.
- Qiao M., D.L. Fletcher, D.P. Smith, y JK Northcutt. (2002) Effects of raw broiler breast meat color variation on marination and cooked meat quality. *Poult Sci.* 81:276-280.
- Qiao M., D.L. Fletcher, D.P. Smith, y JK Northcutt. (2001) The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult Sci.* 80:676-680.
- Sams A.R. (1999) Meat Quality During Processing. *Poultry Science* 78:798–803
- Siller W.G. (1985) Deep pectoral myopathy: A penalty of successful selection for muscle growth. *Poult Sci.* 64:1591-1595
- Savenije B., Schreurs F.J.G., Winkelman-Goedhart H.A, Gerritzen M.A., Korf J., Lambooi E. (2002) Effects of Feed Deprivation and Electrical, Gas, and Captive Needle Stunning on Early Postmortem Muscle Metabolism and Subsequent Meat Quality. *Poult. Sci.* 81:561–571
- Tejeda G.V.R. (2012) Evaluación de dos factores que intervienen en la calidad de la canal de pollo de engorda: 1) "Sistemas de captura" y 2) "Programa de ayuno previo al procesamiento" en aves sometidas a sistemas de restricción alimenticia durante su crianza. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

- USDA. (2013) International Egg and Poultry Review. *Livestock, Poultry and Grain Market News*. Vol. 16 No. 05.
<http://www.thefarmsite.com/reports/contents/iep30jan13.pdf>
- Vecerek V., Grbalova S., Voslarova E., Janackova B., Malena M. (2006) Effects of Travel Distance and the Season of the Year on Death Rates of Broilers Transported to Poultry Processing Plants. *Poult. Sci.* 85:1881–1884
- Veerkamp C.H. Fasting and yield of broilers (1986) Fasting and yield of broilers. *Poult. Sci.* 65 :1299-1304
- Vieira F.M.C., Silva I.J.O., Barbosa Filho J.A.D., Vieira A.M.C., Broom D.M. (2011) Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. *Poult. Sci.* 90 :2127–2133
- Voslarova E., Chloupek P., Vosmerova P., Chloupek J., Bedanova I., Vecerek V., Time course changes in selected biochemical indices of broilers in response to pretransport handling. *Poult Sci.* 90 :2144–2152
- Walker H., y Ayres J. (1956) Incidence and Kings of microorganisms Associated with Commercially Dresses Poultry. *Appl Microbiol* 4(6) 345-349.
- Watts J.M, Graff L.J., Strawford M.L., Crowe T.G, Burlingquette N.A. (2011) Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport. *Poult Sci.* 90 :1890–1899
- Welfare Quality (2009) Assessment protocol for poultry. ASG Veehouderij BV, Países Bajos.
- Wilkins L.J., Brown S.N., Phillips A.J., Warriss P.D. (2000) Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. *Br. Poult. Sci.* 41(3), pp 308–312.
- Zhuang H, y E. M. Savage. (2010) Comparisons of sensory descriptive flavor and texture profiles of cooked broiler breast fillets categorized by raw meat color lightness values. *Poult Sci.* 89:1049-1055.

CENID-Fisiología Animal-INIFAP
Km 1 Carretera Ajuchitlán-Colón
C.P.76280, Qro.
Tel: (419)2920036

Comité Editorial

M.V.Z. Ana María Anaya Escalera
Q. en A. Ericka Ramírez Rodríguez
M. en B. Luis Humberto López Hernández
Ing. Ana Luisa Esparza Carrillo

Editor

Dr. Diego Braña Varela



Código interno
MX-O-310409-09-12-00-06-07

Los autores agradecen el apoyo recibido en la obtención del material fotográfico a:
Propietario del Expendio de Pollo "Karen", Tláhuac, México D.F. Sra. Berta
Martínez, Mercado sobre ruedas del sábado, Portales, México D.F.

Los autores agradecen al Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola,
Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-
CONACYT-COFUPRO por el apoyo económico para la ejecución del
Macroproyecto "Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne
fresca en México", registro No.109127 y para la publicación de este Libro Técnico.

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de septiembre de 2013 en
la imprenta "Dzibal Impresos". Belisario Domínguez No. 77 Las Misiones C.P.
76030 Querétaro, Qro.

Su tiraje consta de 2000 ejemplares

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



www.gobiernofederal.gob.mx

www.sagarpa.gob.mx

www.inifap.gob.mx

www.unam.mx

