



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**EFFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL PERFIL DE
ÁCIDOS GRASOS EN LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*).**

**PRESENTADA POR
RODRIGO ALZAMORA HERRERA**

**ASESOR
DIÓMEDE FERNANDO RAMOS ESCUDERO**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**EFFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL PERFIL DE
ÁCIDOS GRASOS EN LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*).**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR

ALZAMORA HERRERA, RODRIGO

LIMA-PERÚ

2019

A mis padres, Amílcar y Raquel. A mis hermanos, Claudia y Amílcar. Y a mis familiares. Su apoyo, comprensión y unión mantuvieron firme mi paso desde la infancia hasta hoy.

Dr. Fernando Ramos Escudero, por sus valiosos consejos y conocimientos para poder terminar con la siguiente investigación.

A la Universidad de San Martín de Porres, por haberme albergado durante todos mis años de estudio y durante la elaboración de la tesis, así como a todos sus docentes que colaboran a favor de la educación.

A Mónica Ramos y Ana María Bernabel, encargadas de los laboratorios donde se realizaron las pruebas experimentales, quienes apoyaron de manera impecable en el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Definición del problema	2
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Objetivo	3
1.5 Viabilidad de la investigación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Definición de términos básicos	11
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	22
3.1 Lugar de ejecución	22
3.2 Equipos y reactivo	22
3.3 Muestra	23
3.4 Métodos de análisis	25
3.5 Análisis estadístico	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	32

4.1	Análisis proximal	32
4.2	pH	34
4.3	Mediciones de color	34
4.4	Test TBARS	36
4.5	Análisis del perfil de ácidos grasos	37
4.6	Análisis microbiológicos	42
	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	44
5.1	Análisis proximal	44
5.2	pH	49
5.3	Mediciones de color	49
5.4	Test TBARS	51
5.5	Análisis de ácidos grasos	53
5.6	Análisis microbiológicos	75
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	80
	FUENTES DE INFORMACIÓN	81
	ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de humedad, proteína y grasas de diferentes animales	18
Tabla 2. Reactivos utilizados en la presente investigación	23
Tabla 3. Parámetros en la recepción de las carcasas	24
Tabla 4. Análisis proximal	33
Tabla 5. Determinación de pH	34
Tabla 6. Mediciones de color	36
Tabla 7. Oxidación lipídica por test TBARS	37
Tabla 8. Análisis de ácidos grasos representados en porcentaje	39
Tabla 9. Análisis de ácidos grasos representados en mg/100g	41
Tabla 10. Análisis de omega-3, omega-6 y relación de ambos representados en porcentaje	42
Tabla 11. Análisis de omega-3, omega-6 y relación de ambos representados en mg/100g de muestra	42
Tabla 12. Prueba de análisis microbiológico para las tres muestras de cuy	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formula estructural del ácido linoleico	13
Figura 2. Diseño experimental	25
Figura 3. Curvas de dispersión de análisis proximal	34
Figura 4. Porcentaje de ácido graso saturado, monoinsaturado y poliinsaturado en los tres tratamientos	37
Figura 5 Curvas de dispersión de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en los tres tratamientos representado en mg/100g	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra cruda	94
ANEXO 2. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra pasteurizada	96
ANEXO 3: Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra esterilizada	98

RESUMEN

El objetivo central de la presente investigación es determinar el efecto del tratamiento térmico sobre el perfil de ácidos grasos, contenido proximal, pH, color, oxidación lipídica y flora microbiana en la carcasa de cuy (*Cavia porcellus*).

Para determinar el perfil de ácidos grasos se utilizó cromatografía de gases en tres muestras: muestra cruda, pasteurizada y esterilizada. El efecto del tratamiento térmico incrementó los ácidos grasos saturados en la muestra pasteurizada y esterilizada en 16 y 17% respectivamente, los ácidos grasos monoinsaturados incrementaron 11 y 15% respectivamente, y los ácidos grasos poliinsaturados, incrementaron 17 y 15% respectivamente. Los ácidos grasos poliinsaturados fueron los predominantes en todos los tratamientos, seguido de los saturados y monoinsaturados. El ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido clupadonico incrementaron a su mayor concentración en la muestra esterilizada, 7.3 y 22.5 mg/100 g respectivamente. La relación omega-3/omega-6 fue mayor en la muestra esterilizada, seguido de la pasteurizada y cruda.

Por el efecto del tratamiento térmico se incrementó el contenido de las proteínas y grasas, disminuyó el porcentaje de humedad e incrementó el pH. Se redujo el patrón L*¹ en el pellejo, pero se incrementó en la carne. Existió oxidación

¹ N. del A. El patrón L* se refiere a la luminosidad (según Sistema de Medición de color Cielab), y para el caso particular en la piel del animal estudiado. Para mayor información remitirse al numeral 2.3, página 20

lipídica en la muestra pasteurizada y esterilizada, y se aseguró la calidad microbiológica del producto por efecto del tratamiento.

Palabras clave: Tratamiento térmico, cuy, ácidos grasos.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of heat treatment on fatty acids profile, proximal content, pH, color, lipid oxidation and microbial flora in the carcass of guinea pig (*Cavia porcellus*).

To determine the fatty acid profile, gas chromatography was used in three samples: raw sample, pasteurized and sterilized. The effect of the heat treatment increased the saturated fatty acids in the pasteurized and sterilized sample in 16 and 17% respectively, the monounsaturated fatty acids increased 11 and 15% respectively, and the polyunsaturated fatty acids increased 17 and 15% respectively. Polyunsaturated fatty acids were predominant in all treatments, followed by saturated and monounsaturated fatty acids. Docosahexaenoic acid (DHA) and clupadonic acid increased to their highest concentration in the sterilized sample, 7.3 and 22.5 mg/100 g respectively. The omega-3/omega-6 ratio was higher in the sterilized sample, followed by pasteurized and raw.

Due to the effect of the heat treatment, the content of proteins and fats increased, the humidity percentage decreased, the pH increased. The L^{*2} pattern was reduced in the skin, and increased in the meat. There was lipid oxidation in

² A. Note. The L^{*} pattern refers to the luminosity (according to CIELAB Color Measurement System), and for the particular case on the skin of the animal studied. For more information refer to section 2.3, page 20.

the pasteurized and sterilized sample. And the microbiological quality of the product was assured due to the effect of the treatment.

Keywords: Heat treatment, guinea pig, fatty acids.

INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es un animal originario de Latinoamérica usado desde épocas prehispánicas como alimento, en la actualidad se consume principalmente en la sierra del Perú, la costumbre de su consumo no se extendió demasiado a la costa y selva, incluso en algunos países es considerado como mascota y en otros es consumido habitualmente. Destaca su calidad nutricional, es una fuente importante de ácidos grasos, incluso más que algunos pescados: contiene 42.88% de ácidos grasos poliinsaturados, 26.09% de ácidos grasos monoinsaturados y 30.45% de ácidos grasos saturados (Guevara, 2009).

La grasa es uno de los principales componentes de los alimentos, dividida según el número de enlaces en ácidos grasos saturados e insaturados, ese último a su vez se divide en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, dentro de los cuales existen gran variedad de compuestos lipídicos de importantes efectos para la salud humana. Sin embargo, los ácidos grasos poliinsaturados son más importantes que otros, debido a que algunos (omega-3 y omega-6) son esenciales en la dieta, es decir, el cuerpo no puede sintetizarlos y es imprescindible su ingesta. Estos ácidos grasos esenciales forman parte de la membrana celular y su ingesta colabora con la reducción de problemas cardiovasculares, diabetes, cáncer, sensibilidad a la piel por rayos UV y enfermedades cardíacas (Coronado, et al., 2006) además se encontró evidencia

que ambos previenen la enfermedad coronaria y envejecimiento producto de la edad (FAO, 2012).

El estudio del perfil de ácidos grasos en la carne de cuy cruda tuvo un alcance científico importante, existen investigaciones donde se administran diferentes dietas para medir el perfil de ácidos grasos final sobre su carne; a diferencia de la cantidad exigua de estudios del perfil de ácidos grasos después de tratamientos térmicos, a pesar que causa alteraciones internas en los alimentos, es una herramienta efectiva usada hace muchos años en la industria alimentaria para conservar alimentos.

Sin embargo, la reacción que se presenta después de tratamientos térmicos sobre el perfil lipídico en la carne de cuy se desconoce, y la presente investigación presenta nueva información capaz de medir el efecto conseguido después de un proceso de pasteurización y esterilización.

Por consiguiente, en el presente documento se evaluó el efecto del tratamiento térmico sobre el perfil de ácidos grasos empleando el método de cromatografía de gases, asimismo se llevó a cabo un análisis proximal y de oxidación lipídica mediante el test de TBARS y se concluyó que, debido al efecto del tratamiento térmico, se alteró la composición de la carne de cuy y se aseguró la calidad microbiológica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Actualmente el cuy es distribuido como carcasas beneficiadas crudas, la exportación y distribución se realiza en estado de refrigeración y congelación en contenedores que consumen gran cantidad de energía, su vida útil es sensible y dependiente del tiempo, aproximadamente 15 días en refrigeración (Valencia, 2007). Es necesario que nuevas presentaciones innoven en el sector aumentando la vida útil del producto, debido a que, por ser un producto cárnico además de exótico, es muy perecible. Por tal motivo su venta no es completamente masiva como otro tipo de carnes y en consecuencia pasa más tiempo en los puntos de venta.

El perfil de ácidos grasos en el cuy es ampliamente estudiado en carcasas crudas, por su alto contenido de ácidos grasos importantes para la salud. La información actual no esclarece dudas sobre el comportamiento de los ácidos saturados, poliinsaturado y monoinsaturados después de que la carcasa es sometida a tratamientos de pasteurización y esterilización, y se sabe que el tratamiento térmico es usado en la industria alimentaria para prolongar la vida útil de los alimentos. Sin embargo, produce múltiples alteraciones químicas que forman compuestos tóxicos para la salud (Fennema, 1992).

Los ácidos grasos son los principales componentes de las grasas o lípidos, los ácidos grasos poliinsaturados están compuestos de omega-3 y omega-6, importantes por colaborar con la reducción de problemas de salud, la ingesta es imprescindible en la dieta, pues ya se demostró que sustituir los ácidos grasos poliinsaturados por carbohidratos reduce el colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) y aumenta el colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad), previene problemas cardiovasculares, deterioro por envejecimiento y enfermedad coronaria (FAO, 2012).

1.2 Definición del problema

¿De qué manera influye el efecto del tratamiento térmico el perfil de ácidos grasos en la carne de cuy (*Cavia porcellus*)?

1.3 Formulación del problema

Perú es el principal exportador de carne de cuy a nivel internacional con 71.3% de participación. El último censo nacional agropecuario del 2016 estimó una población de 17 millones 380 mil cuyes en territorio peruano (MINAGRI, 2019). Se identifica por el volumen de exportación y cantidad de cuyes, que su consumo es importante, la venta se realiza principalmente a través de mercados o supermercados donde se dispone a la población carcasas beneficiadas crudas. Al pasteurizarlas y esterilizarlas aumenta la durabilidad y se confiere valor agregado. También posibilita diversificar la presentación final y facilitar el consumo.

Las personas buscamos salud y consumimos alimentos para el mejor funcionamiento de nuestro cuerpo, el cuy es un alimento saludable debido a la presencia de ácidos grasos especialmente los poliinsaturados, sin embargo, los ácidos grasos insaturados se oxidan más fácilmente transformándose en

hidroperóxidos; mientras que los ácidos grasos saturados son relativamente estables a la reacción, pero disminuye la estabilidad en cuanto se aumenta la temperatura (Fennema, 1992).

El perfil de ácidos grasos en la carne de cuy es un atributo nutricional importante, es objeto de estudio principalmente con el fin de determinar sistemas de dietas ideales para los animales, y que el resultado de ello resulte en una mayor cantidad de nutrientes en su carne beneficiada. Pero no hay presencia de estudios relacionados a una medición del perfil de ácidos grasos después de tratamientos térmicos de pasteurización y esterilización.

1.4 Objetivo

a) Objetivo general

- Evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre el perfil de ácidos grasos en el cuy (*Cavia porcellus*).

b) Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre el contenido proximal y pH en el cuy.
- Medir el efecto del tratamiento térmico sobre la oxidación lipídica mediante el test de ácido tiobarbitúrico (TBARS).
- Analizar la variación en la medición del color por el efecto del tratamiento térmico en el cuy.
- Evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre la calidad microbiológica en el cuy.

1.5 Viabilidad de la investigación

1.5.1 Viabilidad técnica:

El proyecto reúne conocimientos, características y experiencia técnica que asegura el cumplimiento de sus objetivos y metas, se requieren métodos de laboratorio ampliamente estudiados como, el método de Kjeldahl, método de Soxhlet, método de cenizas, humedad, pH, determinación del perfil de ácidos grasos, test de TBARS, determinación de color, y análisis microbiológico.

1.5.2 Viabilidad económica

Se cuenta con el alcance económico para poder llegar a una conclusión confiable sobre la presente investigación, el dinero proveniente del mismo investigador será fundamental para costear los requerimientos del problema y los futuros inconvenientes que vengan con el mismo.

1.5.3 Viabilidad social

Se tiene que tomar en cuenta que la industria ganadera es insostenible y genera un gran impacto en la contaminación ambiental, un estudio de la ONU para el 2013 expuso que la producción de carne es responsable del 14.5% de emisiones de carbono (El país, 2015). EcologíaBlog (2009), informó que según Greenpeace Brasil, se deforestó el 80% de la selva amazónica brasilera para la siembra de forrajes y soja que se destina únicamente al sector ganadero. Una vaca consume alrededor de 25 kg de materia seca, alimentos que podrían destinarse a 100 personas en proporciones de 250 gramos de cereales.

En el caso de los cuyes, un cuy puede llegar a consumir 400 g de materia seca por día y aportar mayor cantidad de proteínas 20.2% y menor en grasas 7.8% (Gallo-García et al., 2015), además de requerir menos áreas destinadas para su crianza. Puede ser una carne que ayude a reducir el impacto ambiental por parte de la industria ganadera.

Considerando que el consumo de cuy se presenta bajo sus características y a través de métodos promocionales un alimento del futuro, actualmente Chauca (1997) identifico tres niveles de sistemas productivos en crianza de cuy a nivel nacional siendo estos; el familiar, el familiar-comercial y el comercial. Los niveles familiar-comercial y comercial aportan ganancias y genera trabajo, evitando la migración por necesidad a zonas urbanas. Sin embargo, en el área rural generalmente se aplican los tres sistemas, pero no necesariamente de una manera tecnificada y eficiente, sino para la sostenibilidad de las familias.

La aplicación de tratamientos térmicos sobre la carcasa de cuy podría estimular la producción actual y aportar valor agregado. Beneficiaria a los niveles tecnificados y poco tecnificados que menciona Chauca y aportaría mayor interés comercial e investigativo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Los cambios que sufren los componentes de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) después de tratamientos de esterilización y pasteurización, son aún desconocidos. Sin embargo, existen varios estudios sobre distintos tratamientos térmicos con temperaturas y tiempos diferentes, que llevan a suponer una variación por defecto.

Ordoñez, (2013) realizó un estudio sobre el efecto del tratamiento térmico en los ácidos grasos omega-3 durante la elaboración de un desmenuzado de conservas de anchoveta, se procedió el muestreo en las siguientes etapas: recepción, eliminación de piel, cocción con agua a 90°C/25 min y esterilización a 116°C/90 min. El resultado de los ácidos grasos poliinsaturados en la muestra cruda fue 0.49 g/100 g que se redujo después de la eliminación de la piel (0.14 g/100 g), aumentó en la cocción (0.22 g/100 g) y se redujo en la esterilización (0.21 g/100 g). También se observó variación en el ácido linoleico y α -linolénico, la cantidad del ácido linoleico en la recepción de la anchoveta fue de 0.06 g/100 g, al concluirse todas las etapas el valor se redujo a 0.02 g/100 g. El ácido α -linolénico también se redujo de 0.04 a 0.01 g/100 g terminado el proceso de esterilización.

Gladyshev, Sushchik, Gubanenko, Demirchieva, y Kalachova, (2006) estudiaron los efectos de los ácidos grasos poliinsaturados en el salmón jorobado, después de ser tratado por diferentes tratamientos térmicos: Frito, cocción con agua y al horno. Los resultados mostraron que la relación omega-3/omega-6 se redujeron sin diferencia significativa con excepción de la muestra frita. La relación de omega-3/omega-6 es muy importante por ser el factor clave para la síntesis de los eicosanoides equilibrados en el organismo (FAO, 2012). El contenido de ácido α -linolénico y ácido linoleico después del tratamiento térmico no presentó diferencia significativa con excepción de la muestra frita que aumentó 140% de α -linolénico y 1200% de ácido linoleico.

En un estudio para determinar el efecto sobre el perfil de ácidos grasos en pectínidos o vieiras australianas (*Pecten fumatus*), Su y Babb, (2007) realizaron los siguientes tratamientos térmicos: congelación, cocción por vapor, fritura con poco aceite y fritura con mucho aceite. Se encontró que el contenido de omega-3 y omega-6 incrementaron después de todos los tratamientos, sin embargo, solo se encontró diferencia significativa en las muestras fritas con aceite. A pesar de ese incremento en las muestras fritas, la relación omega-3/omega-6, importante para la salud, se redujo. A diferencia de la muestra hervida, que la relación omega-3/omega-6 incrementó.

El resultado de estudiar el efecto de tres tratamientos térmicos en la calidad lipídica del pez gato rayado, Domiszewski, Bienkiewicz y Plust, (2011) demostraron que la muestra sometida a cocción en agua hirviendo por 9 minutos no afectó significativamente los ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados e insaturados de la muestra, sin embargo, si se presentó reducción significativa en la relación omega-3/omega-6 y en la sumatoria EPA y DHA. La cocción por 7 minutos en horno microondas con agua tampoco mostro diferencias significativas en los ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados e insaturados, pero si en la sumatoria EPA y DHA que aumentó 34% y en la relación omega-3/omega-6

que aumentó 18%. La muestra frita si mostró diferencias significativas sobre los ácidos grasos, redujo los ácidos grasos saturados e incrementó los monoinsaturados y poliinsaturados, además que redujo la relación omega-3/omega-6 en 12%.

Nimish, (2005) comparó el efecto de tratamientos térmicos sobre el contenido de omega-3 en diferentes pescados, afirma que al tratar térmicamente dos especies de caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y (*Scomberomorus commersonii*), y bonito (*Katsuwonus pelamis*) a temperaturas de cocción en agua a 100°C/30 min y esterilización a 121°C/40 min se redujo el contenido de omega-3 en todas las muestras cocidas. En las muestras esterilizadas solo se redujo en las dos especies de caballa. Los ácidos grasos saturados se redujeron en general después de los tratamientos térmicos, los ácidos grasos monoinsaturados se redujeron en ambas especies de caballa, pero incrementaron en el bonito. Y los ácidos grasos poliinsaturados incrementaron en los tres pescados en el tratamiento de esterilización, en el de pasteurización solo incrementó en una especie de caballa.

Ghazala, Aucoin y Alkanani, (1996) encontraron que después de pasteurizar carne de foca (*Phoca groenlandica*), los ácidos grasos se redujeron 23% en el tratamiento de 85°C/30 min y 20% en el de 100°C/25 min. Además, el ácido palmítico, esteárico y mirístico se redujeron en ambos tratamientos. Los ácidos grasos monoinsaturados se redujeron 33 y 28% en el tratamiento de menos y más intensidad respectivamente, el ácido oleico también se redujo después de ambos tratamientos. Los ácidos grasos poliinsaturado incrementaron en la carne pasteurizada a 85°C/30 min, y se redujeron al aumentar la temperatura a 100°C/25 min,

Estudios de Toro, Ancco, y Ramos, (2015) mostraron la influencia de la temperatura y el tiempo de fritura en la carne de cuy, exponiendo la carcasa a diferentes tratamientos de 8, 10 y 13 minutos a temperaturas de 160°, 170° y

180°C. La carcasa de cuy cruda presento una composición de 498 y 241 mg/100 g de ácido linoleico y α -linolénico respectivamente. En el tratamiento de 160°C/8 min se obtuvo la mayor cantidad de ácidos graso linoleico y α -linolénico, aumentaron a 3154 y 2739 mg/100g respectivamente. El peor de los 9 tratamientos fue el de 170°C/10 min donde se encontró la menor cantidad de ácido linoleico y α -linolénico, 612 y 192 mg/100g respectivamente. Se observó que la fritura de 10 minutos redujo los ácidos grasos α -linolénico y linoleico en todos los tratamientos excepto en la temperatura de 180°C. Con respecto a la fritura de 10 minutos, los ácidos α -linolénico y linoleico aumentaron en el tiempo de 13 minutos en todas las muestras.

Valencia, (2007) determinó la optimización del tiempo de cocción de las carcasas de cuy y su incidencia en el tiempo de vida útil, con dos diferentes tiempos y dos distintas presentaciones, a 15 y 30 minutos en las presentaciones de bolsas de polietileno y bandejas. Las carcasas de cuy fueron sometidas a vapor de agua a 92°C donde se concluyó que el tratamiento de 15 minutos empacado en bolsa alargó el tiempo de vida útil, sensorialmente en 29 días mientras que microbiológicamente fue de 79 días. Para el tratamiento de 15 minutos en bandeja el tiempo de vida útil sensorialmente fue de 26 días, mientras que microbiológicamente fue de 79 días. Para el tratamiento de 30 minutos empacado en bolsa de polietileno también se extendió su vida útil, sensorial y microbiológicamente, 29 y 86 días respectivamente. Y para el tratamiento de 30 minutos en bandeja se obtuvo un incremento de vida útil sensorial y microbiológicamente de 18 y 71 días respectivamente.

2.2 Bases teóricas

La autooxidación es un proceso frecuente en las grasas y también la vitamina A y E y los carotenoides, sucede cuando un átomo dona un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de reducción química, algunos factores por los que la autooxidación aumenta son: Temperaturas altas, Metales (Cu, Fe, etc),

peróxidos de grasas oxidadas, lipoxidasa, presión de oxígeno, luz UV y azul, poliinsaturación y radiaciones ionizantes (Badui, 2013).

Cuando los lípidos se oxidan pasan por tres fases; la primera es la iniciación, donde a partir de los ácidos grasos insaturados se producen radicales alquilo reaccionando en cadena, al inicio son lentos, pero cuando llegan a una producción crítica de radicales, son rápidamente multiplicados y dan inicio a la siguiente fase: propagación, produciendo el compuesto primario de la oxidación que vendría a ser los hidroperóxidos, muy inestables, incoloros e inodoros, posteriormente forman el radical hidroperóxido y radical alcoxilo, que a su vez producirán una mezcla de diferentes compuestos secundarios volátiles y no volátiles. Entre ellos, cetonas, aldehídos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos, etc. Siendo esta la última fase de la autooxidación llamada terminación (Venegas, y Pérez, 2009).

Fennema (1992) afirma que si el oxígeno abunda la velocidad de oxidación se hace independiente del mismo, también indica que los ácidos grasos saturados son más estables que los insaturados. Difícilmente los ácidos grasos saturados se oxidan a temperatura ambiente, son prácticamente inalterables mientras que es fácilmente detectable el enranciamiento de los insaturados a esta temperatura. Pero al aumentar la temperatura, la velocidad de oxidación de los ácidos grasos saturados aumenta.

El cuy es una fuente importante de ácidos grasos insaturados, presenta 15.77% de ácidos grasos monoinsaturados y 55.30% de ácidos grasos poliinsaturados (Huamaní, 2015), otros autores afirman que tiene 26.09% de ácidos grasos monoinsaturados y 42.88% de ácidos grasos poliinsaturados (Guevara, 2009). Kouakou, et al. (2013) reportan 15.45% de monoinsaturados y 51.11% de ácidos grasos poliinsaturados. Fu & Sinclair, (2000) reportan 34% de monoinsaturados y 35.5% de ácidos poliinsaturados.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Ácidos Grasos

Los ácidos grasos (AG) son los principales componentes de una grasa, son ácidos orgánicos con una cadena de hidrocarburos alifático por un lado y un grupo carboxilo (-COOH) terminal por el otro. Cuando la cadena alifática está totalmente saturada con moléculas de hidrogeno, es decir, sin contener enlaces de carbono a carbono se denomina ácido graso saturado, con un doble enlace de carbonos son ácidos grasos monoinsaturados y finalmente cuando tienen dos o más dobles enlaces se denomina ácidos grasos poliinsaturados (De Caterina, Madonna, Bertolotto, y Berg, 2007).

Además de los ácidos grasos, la familia de los lípidos y grasas, están compuestos de: Glicerolípidos, glicerofosfolípidos, esfingolípidos, lípidos del esterol, lípidos del prenol, sacarolípidos, policétidos (Fahy, et al., 2005).

Los ácidos grasos son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos y pueden esterificar también al colesterol, son compuestos muy insolubles en agua y ricos en energía metabólica, según Guzmán, (2011) se pueden clasificar de acuerdo con el número de carbono:

- Ácido graso de cadena corta: Menos de 6 carbonos.
- Ácido graso de cadena media: De 8 a 12 átomos de carbono.
- Ácido graso de cadena larga: De 12 a 27 átomos de carbono.

Badui, (2013) menciona que de acuerdo con el grado de saturación se dividen en dos familias:

- Ácidos grasos saturados: No presentan dobles enlaces entre los átomos de carbono. Varían de 4 a 26 átomos de carbono, y su punto de fusión incrementa de acuerdo con su peso molecular.

- Ácidos grasos insaturado: Presentan uno o varios dobles enlaces entre sus átomos de carbono. Son cadenas lineales de 16 o más carbonos. Se dividen en dos grupos:
 - Ácidos grasos monoinsaturados.
 - Ácidos grasos poliinsaturados.

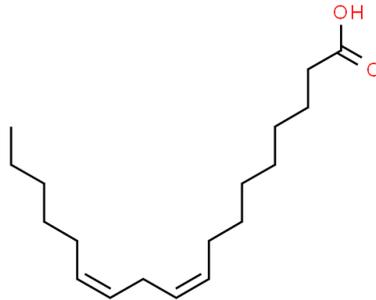
Básicamente su naturaleza dependerá del largo de su cadena alifática o número de carbonos, grado de saturación o número de enlaces y de la configuración *cis/trans*. Los ácidos grasos se diferencian entre sí por sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Guzmán, 2011).

El punto de fusión, que es una propiedad física dependerá del número de carbonos y cantidad de dobles enlaces en la cadena. A mayor número de carbonos, mayor punto de fusión, mientras que la presencia de dobles enlaces disminuirá el punto de fusión. Y la solubilidad, otra propiedad física disminuirá cuando la cadena de carbonos sea más larga. Con respecto a las propiedades químicas, los ácidos grasos con enlaces tipo *cis* son más inestables al calor y cambian a *trans* para mantener la estabilidad, pero alteran sus propiedades específicas. Y de acuerdo con cada ácido graso con configuraciones distintas se cumplen propiedades biológicas características, que determinan la flexibilidad, permeabilidad, viscosidad, fluidez y elasticidad. (Guzmán, 2011)

Por ejemplo, en el ácido linoleico su configuración química caracteriza propiedades únicas, su fórmula química es $C_{18}H_{32}O_2$, mientras que la estructural se observa en la Figura 1, que también se puede expresar de la siguiente forma: $CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$. Esta nomenclatura conveniente y de gran utilidad determina el número de carbonos de la cadena, que es: 18, seguido del número de dobles enlaces: 2, de esta manera el ácido linoleico será 18:2, mientras que el nombre sistemático será *cis*-9,12-octadecadienoico. Y se le conoce con el nombre omega-6 debido a que el primer doble enlace se presenta

en el carbono numero 6 contando desde el grupo metilo (-CH₃), la posición de la cadena (Guzmán, 2011).

Figura 1. Formula estructural del ácido linoleico



Fuente: Chemspider

2.3.1.1 Ácidos grasos poliinsaturados

Según Gil, (2005) la esencialidad de los ácidos poliinsaturados fue puesta en manifiesto por los esposos George y Mildred Burr en el año 1929. Expusieron a ratas a dietas sin ácidos grasos esenciales omega-3 y omega-6, y se produjeron cuadros de epidermis severa en la cola, reducido crecimiento, pérdida de pelaje, emaciación y finalmente la muerte.

Las investigaciones no llegaron a ser importantes hasta que en los años 50 su esencialidad fue puesta a prueba en humanos cuando un grupo de pediatras hizo una investigación con 428 lactantes separados en dos grupos. A un grupo suministraron grasa láctea y leche con grasa vegetal hidrogenada, estos presentaron eccemas, menor ganancia de peso, piel seca y escamosa, irritabilidad y aumento sustancial en la ingesta calórica. Mientras que al grupo que se les suministró aceite de maíz presentaron mejora en la ganancia de peso y problemas dermatológicos. Después de que a los dos grupos se les agregó ácido linoleico y ácido araquidónico se normalizo la ganancia de peso y alteraciones dermatológicas. Después de estos estudios se investigó a mayor profundidad el impacto de los ácidos grasos sobre la salud humana (Gil, 2005).

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) se dividen en 12 familias diferentes que básicamente se diferencian por la posición de sus dobles enlaces (Gunstone, 1999). La mayoría o casi todos de ellos pueden ser sintetizados por el cuerpo humano, con la simple excepción de dos; el omega-3 y omega-6, al no poder ser sintetizados por el organismo se les denomina ácidos grasos esenciales.

La ingesta adecuada de AGPI es entre 6% y 11% del total calórico, previniendo su deficiencia con un rango entre 2.5% y 3.5% (FAO, 2012).

a) Ácidos grasos poliinsaturados omega-3 e ingesta en humanos

Connor, (2000) afirma la importancia de los omega-3 sobre las cardiopatías coronarias especialmente por efectos como, inhibir la síntesis de citoquinas y mitógenos, son antitrombóticos y tienen propiedades antiinflamatorias. Son esenciales para el desarrollo humano en el útero, y tienen efectos antiarrítmicos donde su estudio se hace importante para prevención de muerte súbita por fibrilación ventricular.

De Caterina, Madonna, Bertolotto, y Berg, (2007) concluye afirmando que los grasos omega-3 en la dieta son efectivos para reducir los triglicéridos plasmáticos y la reactividad plaquetaria en pacientes con diabetes.

La ingesta diaria recomendada es de 0.5 a 0.6% del total energético y previenen síntomas por deficiencia, de esta manera se mantiene una dieta saludable (FAO 2012). Sin embargo, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010) recomienda mantener una dieta de omega-3 *cis* entre 1.5-2.6 g/día (0.7-1.3% del aporte calórico total) para adultos y 1.1-2.1 g/día (0.6-1.4%) para niños.

A continuación, se nombrarán algunos de los principales ácidos grasos poliinsaturados:

- Ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA):

El DHA o ácido docosahexaenoico es un ácido graso poliinsaturado de cadena larga de la familia omega-3, posee 22 átomos de carbono y 6 dobles enlaces, siendo crucial y objeto de varias investigaciones por los últimos 10 a 15 años debido a su importancia en la función en el sistema nervioso y el órgano visual (Valenzuela y Nieto, 2001). El EPA o ácido eicosapentaenoico posee 20 carbonos y 5 dobles enlaces, desempeña funciones importantes en conjunto con el DHA. El ácido linolénico se convierte a través de reacciones bioquímicas en EPA y DHA, el DHA contribuye en la función sináptica, dado que tiene un contenido bajo en las membranas de las neuronas provoca el descenso de la transmisión de impulsos nerviosos (Coronado, et al., 2006).

Se recomienda 0,250 g/día de EPA y DHA para hombres adultos y mujeres adultas que no estén embarazadas o en período de lactancia, para las mujeres embarazadas o que se encuentren en período de lactancia, la ingesta mínima para una salud óptima de la madre y un desarrollo óptimo del feto o del lactante es de 0,3 g al día de EPA más DHA, de los cuales al menos 0,2 g deben ser de DHA. (FAO, 2012).

Según la International Fishmeal And Fish Oils Organization, (IFFO, 2008) los humanos podemos sintetizar DHA a partir de su precursor: el ácido linolénico (ALA), en una conversión alrededor de 0.5% y EPA en una conversión de 5%. Sanz, et al. (2012) sostienen que se convierte un 0.2% de ALA en EPA y 0.5% de ALA en DHA. Burdge & Calder, (2005) afirman que la conversión de ALA en EPA varía de 8% a 20% y de ALA a DHA en 1% y 9%. No se puede determinar con exactitud cuánto de EPA o DHA se convierte en el organismo, se toma mucho en cuenta diferentes factores, como sexo, edad y factores genéticos. Y también se observa una disminución de DHA cuando se aumenta notablemente el

consumo de ácido linolénico. Algunas explicaciones posibles de porque la conversión es tan baja es porque a que gran proporción del ALA ingerido se oxida a acetil-CoA, el cual se recicla en la síntesis de *novo* de colesterol, de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados, o se metaboliza a dióxido de carbono (Delany, et al., 2000).

b) Ácidos grasos poliinsaturados omega-6 e ingesta en humanos

Los ácidos grasos poliinsaturados omega-6 al igual que los omega-3 son esenciales en la dieta, el compuesto más importante en la familia de los omegas-6 es el ácido linoleico, por ser precursor de los demás compuestos, posee 18 átomos de carbono y tiene denominación omega-6 porque su primer doble enlace se encuentra a seis carbonos del extremo metilo (CH₃). Es difícil establecer una estimación cuantitativa precisa acerca de los requerimientos del omega-6, es por eso que se refiere a un rango y no a una media en su consumo (FAO, 2012).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010), estableció una ingesta adecuada de omega-6 *cis* para adultos de entre 19 y 50 años de 17 g/día para hombres y 14 g/día para mujeres, a los 51 años debido al menor gasto de energía se recomienda 14 g/día para hombres y 11 g/día para mujeres. Como menciona la FAO, (2012) en colaboración con estudios de Elmadfa & Kornsteiner (2009), se recomiendan un consumo no menor de 2.5% del total calórico para prevenir síntomas por deficiencia, mientras que valores superiores contribuyen a la salud a largo plazo, reduciendo los niveles de colesterol total y colesterol de baja densidad, y de esta manera reduciendo el riesgo de enfermedad coronaria.

2.3.2 El Cuy

2.3.2.1 El Cuy (*Cavia porcellus*)

El cuy o curi, por su nombre científico *Cavia porcellus*, es un mamífero roedor domesticado de la familia *Cavidae*, que habita en Ecuador, Perú, Guayana, Venezuela, Colombia y Bolivia, sin embargo, los lugares donde se cría y consume principalmente son las zonas andinas: Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia (Cabrera, 1953). Gracias a su gran capacidad de adaptación, este mamífero hasta el día de hoy se consume en grandes cantidades, principalmente por las poblaciones rurales y debido a su fácil manipuleo y alimentación a base de hierbas se cría en las mismas cocinas o galponeras de las familias peruanas. Chauca, (1997), identifico tres niveles de sistemas productivos siendo estos; el familiar, familiar-comercial y comercial, generalmente en el área rural se han aplicado los tres sistemas, pero no necesariamente de una manera tecnificada y eficiente, solamente es aplicada para la sostenibilidad de las familias. Mientras que en los casos familiar-comercial y comercial genera un efecto económico positivo al productor.

Como animal productor aporta gran valor biológico y es bastante utilizado para cubrir las necesidades de las poblaciones con bajos recursos. La tabla 1 muestra la diferencia con otros animales sustitutos y se puede observar la diferencia importante en la cantidad de proteínas y grasas. La distribución de su crianza en el Perú hace notar la reducida expansión, ya que la sierra mantiene la mayor población con 92% de ejemplares, seguido de la costa con 6% y la selva con 2% (MINAGRI, 2003).

Tabla 1. Composición de humedad, proteína y grasas de diferentes animales

Especie	Humedad %	Proteína %	Grasa %
Cuy	70.6	20.3	7.8
Cerdo	46.8	14.5	37.3
Ovino	50.6	16.4	31.1
Vacuno Engorde	58.9	17.5	21.8
Vacuno flaco	74.5	20.5	2.8
Caballo	75	18.1	4.1
Caprino	71	18.7	9.4
Conejo	70	20.4	8
Pato	54	16.6	28.6
Pavo	58	20.1	20.2
Pollo	71	18.2	10.2
Gallina	62	18.1	18.7

Fuente: Gallo-García, Montero, Acevedo, Tirado, y Torres, (2015)

Existen dos genotipos de cuy: los cuyes mejorados y los criollos, siendo los últimos una carne de más baja calidad, pero bastante adaptable al clima, temperaturas, alimentación desfavorable y ambiente adverso (Chauca, 1997). Bajo crianza tecnificada se incrementa su desempeño como carne y reproductor, además que al cruzarlo con el mejorado se obtienen buenos rendimientos en cuanto a precocidad, ganancia en peso y número de crías por parto. El mejorado es el cuy criollo que se sometió a mejoramiento genético a lo largo de los años, se generó por etapas de selección a los ejemplares que representaron un beneficio mayor en su crianza, por ejemplo: Alta tasa de conversión alimentaria, precocidad y alta capacidad reproductiva en las hembras. En otros países el cuy mejorado es conocido como peruano o raza Perú, del cual se clasifican el tipo 1, tipo 2, tipo 3 y tipo 4. El más utilizado para crianza reproductiva en granjas, por tener mejor comportamiento como productor de carne es el tipo 1, de pelaje corto y lacio.

2.3.2.2 El cuy como fuente de ácidos grasos

La recomendación diaria mínima de grasa total en adultos es 15% del total energético, además, la ingesta máxima de los ácidos grasos saturados no debe exceder 10% del total energético. Los ácidos grasos monoinsaturados se calculan de acuerdo a la ingesta de ácidos grasos saturados y poliinsaturados, se resta la ingesta total de ácidos grasos saturados, poliinsaturados ácidos grasos *trans* y ese es el valor de los ácidos grasos monoinsaturados. Para los ácidos grasos poliinsaturados es recomendable 6-11% del total energético (FAO, 2012).

Cuyes alimentados con alfalfa natural presentan 29.30% de ácidos grasos saturados, 15.77% de ácidos grasos monoinsaturados y 55.30% de ácidos grasos poliinsaturados (Huamaní, 2015). La alimentación del cuy es un factor importante en el contenido final del perfil de ácidos grasos, dietas de vegetales ricos en ácidos grasos insaturados representan para el cuy una composición final también rica en ácidos grasos, de esta manera la cantidad de ácidos grasos en su carne dependerá directamente de la alimentación. Guevara, (2009) al suministrar dietas de 4% de semillas de sacha inchi y 1% de aceite de pescado reportó 29.8% de AGS, 24.3% de AGMI y 47.9% de AGPI.

Fu & Sinclair (2000) reportaron 8.2% de omega-3 y 27.1% de omega-6 en carnes de cuy alimentados con alto contenido de ácido linolénico (ALA), y 2.5% de omega-3 y 19.5% de omega-6 en dietas con bajo contenido de ALA, mostrando el efecto clave de la alimentación en el contenido final de omegas en el cuy. Se recomienda una ingesta humana de omega-3 de 0.5-2% de energía como grasa y 2.5-9% de energía como grasa de omega-6.

La carne de cuy también aporta ácido graso docosahexaenoico (DHA), que contribuye con la función sináptica, es importante para la actividad cerebral, a menor contenido de DHA en las membranas neuronales menor transmisión de impulsos nerviosos (Coronado, et al., 2006). Sin embargo, se recomienda el

consumo de EPA + DHA, en conjunto ya que no existen estudios convincentes de utilizarlos individualmente, pero según la consulta a expertos de la FAO (2012), se encontró evidencia que ambos previenen la enfermedad coronaria y envejecimiento producto de la edad.

Fu & Sinclair (2000) reportaron 24 mg/100 de EPA y 47mg/100g de DHA en la carcasa de cuy. Sin embargo, la mayor cantidad de DHA (23 mg/100g) se encontró en el cerebro. La FAO, (2012) recomienda una dieta de EPA+DHA de 0.250 g para adultos que puede ser como máximo 2 g por día y en países como Australia y Nueva Zelanda se establecieron 3 g diarios, la consulta a expertos de la FAO informa que los suplementos altos de omegas-3 pueden incrementar la peroxidación lipídica y reducir la producción de citoquinas (FAO, 2012), sin embargo, con el paso del tiempo se encontraron poblaciones con alto consumo de omegas-3 sin efectos perjudiciales, incluso los expertos notaron que en esas poblaciones hay menor presencia de problemas cardiovasculares.

2.3.3 Mediciones de color

El color es un aspecto fundamental en el alimento, y muchas veces representa un factor determinante en la elección de este, se puede medir a través del sistema de color CIELAB, que está representado por distintos parámetros; donde el parámetro a^* es positivo para colores rojizos y negativo para colores verdosos, el parámetro b^* presenta colores amarillos al ser positivo y azules al ser negativo. L^* es una medida aproximada de la luminosidad que va en una escala de negro a blanco tomando un rango de valores de 0 a 100. Chroma C^* , indica la intensidad del color de las muestras percibidas por los humanos. El ángulo de tono H^* , se utiliza para definir la diferencia de un color determinado con referencia al color gris con la misma ligereza, un ángulo de matiz más alto representa un carácter amarillo menor en los ensayos, y una mayor intensidad de enrojecimiento. (Granato & Masson, 2010; Pinzón, Hleap y Ordóñez, 2015).

2.3.4 Oxidación lipídica

La oxidación lipídica es uno de los principales problemas en las carnes y productos cárnicos, los lípidos reaccionan con el oxígeno molecular, ocasionando la llamada autooxidación, que consiste en tres etapas explicadas en capítulos anteriores de esta investigación: La iniciación, la propagación y la terminación. Producto de este fenómeno se generan radicales libres, hidroperóxidos, y compuestos secundarios como cetonas, alcoholes, hidrocarburos, aldehídos, entre otros (Venegas y Perez, 2009).

Existen varias maneras de poder cuantificar la oxidación lipídica en carnes y productos cárnicos, por ejemplo, el método de índice de peróxidos, método del ácido tiobarbitúrico y mediciones de compuestos volátiles. Sin embargo, el ácido tiobarbitúrico (TBA) es el método extendido a nivel de investigación más utilizado para calcular de manera cuantitativa la oxidación lipídica en carne y productos cárnicos, este método simple consiste en medir espectrofotométricamente un cromóforo rojo que se obtiene como resultado de la reacción entre el TBA y malondialdehído (MDA). Hay que resaltar la gran reactividad del TBA con otros componentes como los azúcares, aldehídos, aminoácidos, etc. Que permiten y dan lugar a una coloración con un máximo de absorción igual que el cromóforo rojo MDA-TBA (Venegas y Pérez, 2009).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de química analítica y microbiología de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres y en los laboratorios de fisicoquímica del Instituto Tecnológico de la Producción.

3.2 Equipos y reactivo

3.2.1 Equipos

- Autoclave Market Forge sterilmatic STM-EL.
- Balanza analítica Sartorius CPA 2245.
- Balanza de precisión Sartorius TE 214S.
- Estufa Memmert modelo 100-800
- Mufla Thermolyne F 6010.
- Potenciómetro Thermo Orion 3 star pH Benchop.
- Baños termostáticos JSR modelo JSIB-22T.
- Baño termostático Lab companion BS-06.
- Homogenizador magnético Thermo scientific, Supernova multiplace.
- Espectrofotómetro Thermo Scientific modelo Genesis 10s UV-VIS.

- Centrifuga Eppendor centrifuge-5702
- Iphone X

3.2.2 Reactivos

Tabla 2. Reactivos utilizados en la presente investigación

Reactivo	CID	Marca
Ácido tiobarbitúrico (TBA)	2723628	Sigma-Aldrich
Ácido tricloroacético (TCA)	6421	Merck
Metanol	887	Merck
Sulfato de sodio	71102	Merck

Fuente: Elaboración propia

3.3 Muestra

3.3.1 Cuyes

Un total de diez carcasas de cuy (macho mejorados tipo 1) fueron utilizados, procedentes de la granja de Cieneguilla de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Con una edad media de 115 días y un peso medio de 740 g, alimentados con 150-200 g de forraje y 50 g de alimento balanceado, este alimento balanceado consta de: afrecho, torta de soya, harina de maíz, germen de trigo, gluten, metionina, carbonato de calcio, sal y vitamina C.

3.3.2 Preparación de la muestra

El beneficiado de los cuyes se realizó bajo el siguiente procedimiento: sacrificio, desangrado, pelado, eviscerado, lavado y embolsado. Procediéndose a su conservación en ambiente refrigerado.

Las carcasas de cuy beneficiadas se colocaron en cajas plásticas con hielo para su transporte al laboratorio para su acondicionamiento. Se inspeccionó la calidad teniendo en cuenta los siguientes parámetros (Tabla 3): aspecto, olor, color, textura y pH. Posteriormente se eliminó los órganos, cabeza y patas, luego se desinfecto con agua clorada (0.1ml/L). Se trocearon y mezclaron cuatro

carcasas para tener una muestra homogénea y representativa, la muestra fue dividida en tres lotes para los tratamientos: crudo, pasteurizado y esterilizado. El peso de carcasa para cada tratamiento establecido fue de 600 g que incluyó la carne, pellejo y huesos.

Tabla 3. Parámetros en la recepción de las carcasas

Parámetros:	Características:
Aspecto	Saludable, sin hematomas o heridas infecciones o parásitos.
Olor	Característico, libre de olores extraños
Color	Carne rosa característica, piel blanca sin presencia de pelos
Textura	Elástica y firme al tacto
pH	6.32

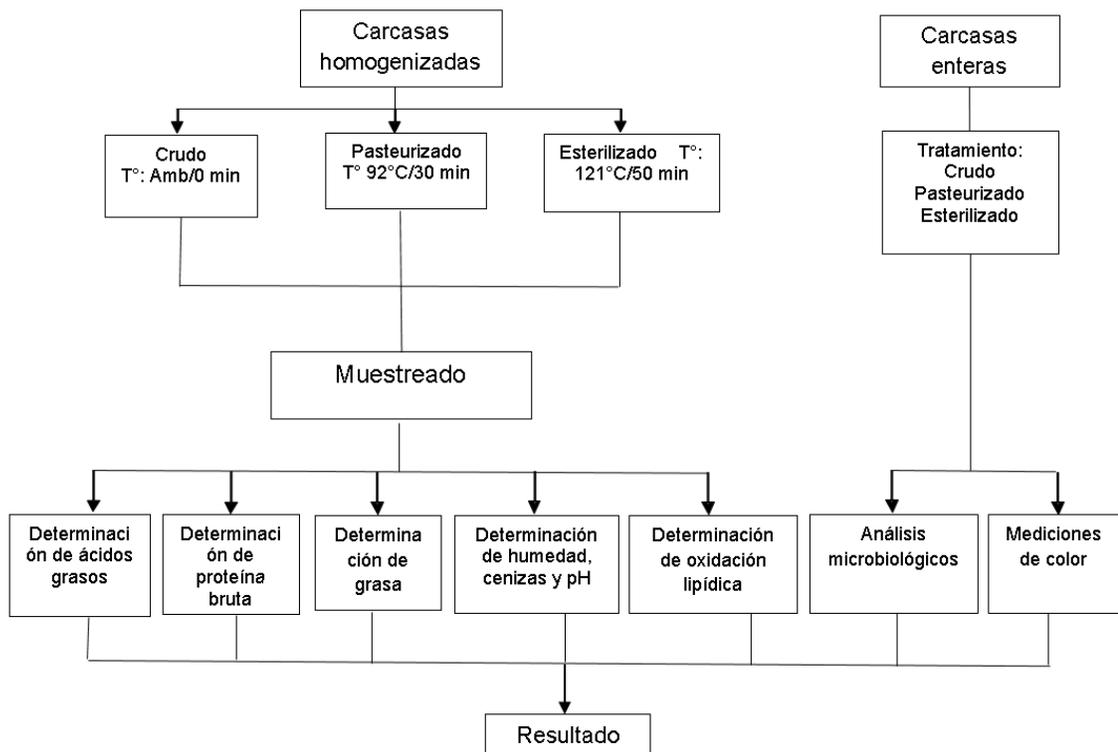
Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Tratamiento de la muestra

- Muestra cruda, la muestra cruda se utilizó como control (no fue sometida a tratamiento térmico).
- Muestra pasteurizada, la temperatura del tratamiento de pasteurización se realizó en contacto con vapor de agua a 92°C/30 min, en un equipo de baño maría Lab companion BS-06, en bolsa diseñada para este tratamiento térmico y sellada térmicamente. Posteriormente la muestra fue enfriada y se procedió a la realización de los análisis establecidos en el estudio.
- Muestra esterilizada, la temperatura del tratamiento de esterilización se realizó a 121°C/50 min en autoclave Market Forge Sterilmatic, en bolsa diseñada para este tratamiento térmico y sellada térmicamente. Posteriormente la muestra fue enfriada y se procedió a la realización de los análisis establecidos en el estudio.

3.3.4 Diseño experimental

Figura 2. Diseño experimental



Fuente: Elaboración propia

3.4 Métodos de análisis

3.4.1 Análisis proximal

La determinación de proteínas y grasas se realizó siguiendo el procedimiento descrito por el laboratorio del Instituto Tecnológico de la Producción, (LABS-ITP-FQ-001-2009, 2018) para proteínas, y (LABS-ITP-FQ-003-2009, 2018) para grasas. La determinación de humedad se realizó siguiendo el procedimiento descrito por la AOAC (1990) 934.01 y la determinación de cenizas por el procedimiento AOAC (1990) 942.05.

3.4.2 Determinación de pH

Se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Lemay, et al., (2002). Se pesó 10 g de muestra, luego se añadió 100 ml de agua destilada y se homogenizó en licuadora (Oster 4655) por 2 minutos, finalmente se leyó el pH usando un potenciómetro (Thermo Orion 3 Star pH Benchtop) calibrado en soluciones buffer de 4, 7 y 10.

3.4.3 Mediciones de color

Las imágenes de la carne de cuy fueron adquiridas utilizando métodos modificados de Fan et al. (2017) y Sampaio, Atria, Hirata & Jorquera (2017) usando un smartphone iPhone X con una cámara de 12 megapíxeles con gran angular y teleobjetivo (resolución de 2436 x 1125 píxeles a 458 píxeles por pulgada) (Apple Inc., USA). Una aplicación Color Inspiration Tool desarrollado para iPhone fue utilizado para la captura de las imágenes digitales, la muestra fue fotografiada bajo luz fluorescente de 840 lúmenes (18W, Lumilux, Germany) a una distancia de 20 cm y con un ángulo de 45°.

Un total de 10 muestras de la zona de brazuelo y pierna fueron fotografiadas, así como del pellejo de la carne de cuy. Los resultados de las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* fueron adquiridas directamente de la aplicación, mientras que el croma y el tono fueron calculados utilizando las siguientes ecuaciones.

$$\text{Croma } (C^*) = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Tono } (h^*) = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

La coordenada (L^*) va desde 0 = negro a 100 = blanco; la coordenada cromática a^* va desde negativo para verde a positivo para rojo, y b^* va desde negativo para azul a positivo para amarillo (Pathare, Linus, & AL-Julanda, 2012).

3.4.4 Determinación de oxidación lipídica

Realizando cortes representativos de cada parte del cuy, se pesó 5 gramos de muestra previamente tratada, luego se adiciono 25 ml de TCA (Ácido tricloro acético) al 7.5%, y se agitó en un homogeneizador magnético (Thermo Scientific Supernova multiplace) durante 30 minutos. Luego se filtró con papel filtro whatman N° 40 y se tomaron 5 ml del filtrado dentro de un tubo para centrifuga, seguidamente se añadió 5 ml de TBA al 2%. Los 5 ml del filtrado más 5 ml de TBA se colocó a ebullición durante 40 minutos en una máquina de baño maría (JSR JSIB-22T), posteriormente se enfrió a temperatura ambiente, se centrifugo en una centrifuga (Eppendor centrifuge-5702) a 2000 rpm durante 10 minutos y se leyó a 532 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific Genesis 10S UV-VIS). Los valores de TBA (expresados como miligramos de equivalentes de malonaldehído por kilogramo de carne de cuy) se calcularon según lo descrito por Erkan & Özden, (2008) multiplicando las lecturas de absorbancia por un factor de 10.2.

3.4.5 Análisis de ácidos grasos

3.4.5.1 Extracción de las grasas

La extracción de grasas se procedió usando el método de Bligh & Dyer, (1959). Se homogenizo 100 g de muestra de cuy (carne y pellejo) en una licuadora (Oster 4655) durante 2 minutos con una mezcla de 100 ml de cloroformo y 200 ml de metanol. Luego se añadió a la mezcla otros 100 ml de cloroformo y después de mezclar durante 30 segundos, se agregaron 100 ml de agua destilada y se continuó la mezcla durante otros 30 segundos. El homogeneizado se filtró a través del papel de filtro Whatman N° 1 en un embudo Buchner N° 3 Coors con ligera succión. La filtración fue bastante rápida en la muestra cruda, menos rápida en la pasteurizada y aún menos en la esterilizada, al secarse el residuo, se aplicó presión con el fondo de un vaso de precipitados para garantizar la recuperación máxima del disolvente. El filtrado se transfirió a una pera de decantación por 3 horas donde se separó la parte clorofórmica de la alcohólica, después se filtró a través de un papel filtro Whatman N° 41 con 5 g de

sulfato de sodio Na_2SO_4 con el fin de eliminar los restos de agua. El filtrado de cada muestra se recepcionó en envases de vidrio.

3.4.5.2 Obtención de esteres metílicos de ácidos grasos

La obtención de esteres metílicos de ácidos grasos se determinó siguiendo el método descrito por el laboratorio del Instituto Tecnológico de la Producción, (LABS-ITP-FQ-002-98, 2003). Se pesó 50 mg de la grasa extraída y se colocó en un tubo de ensayo, luego se agregó 2.5 ml de éter de petróleo y agitó en un vortex hasta disolver. Se agregó 0.25 ml de NaOH 2N en metanol y agitó vigorosamente en vortex por 10 segundos. Luego se sumergió en baño maría a 50°C durante 20 segundos y se agitó 10 segundos en vortex. Se agregó 0.30 ml de HCL 2N en metanol y agitó, luego se esperó hasta que se separen las dos fases. Se separó la fase de éter de petróleo que contiene los ácidos grasos metilados con ayuda de una pipeta y se introdujo en un vial de vidrio.

3.4.5.3 Análisis de ácidos grasos por GC-FID

Los esteres se separaron siguiendo el método descrito por el laboratorio del Instituto Tecnológico de la Producción, (LABS-ITP-FQ-002-98, 2003). Se utilizó un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama de hidrogeno (Perkin Elmer Autosystem XL), equipado con un tipo de columna Spelcowax-10 de sílice fundida marca Supelco de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μm de espesor de película. La temperatura inicial del horno fue 160°C, la temperatura del inyector 250°C, la temperatura del detector 270°C, la presión del hidrogeno 5 psi, el Split 100:1 y el volumen de inyección 2 μl , la temperatura final del horno fue 230°C y el gas de arrastre a través de la fase estacionaria fue hidrogeno. El tiempo de análisis duro 65 minutos.

3.4.6 Análisis microbiológico

3.4.6.1 Preparación de la muestra

Se utilizaron tres carcasas de cuy enteras, fueron evisceradas y se eliminó la cabeza, luego se desinfectó con agua clorada (0.1 ml/L). Posteriormente cada carcasa fue introducida en su bolsa correspondiente para el tratamiento térmico y se realizaron los tratamientos de pasteurización y esterilización. La muestra cruda se conservó en refrigeración a 3°C y se analizó 24 horas después. Las muestras tratadas térmicamente fueron analizadas 20 horas después de los tratamientos.

a) Mesófilos viables:

Dentro de una campana de flujo laminar, se pesó 10 g de muestra y se homogenizó con 90 ml de agua peptonada utilizando una licuadora (Oster 4655) a baja velocidad por 20 segundos, después se hicieron tres diluciones decimales con agua peptonada (10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4}). A partir de las diluciones decimales se añadió 1 ml con pipetas estériles por duplicado en cada placa Petri estéril. Luego se vertió en cada placa 15 ml de medio Plate Count Agar (BD 247940) fundido y atemperado a 45-50°C. Se homogenizó el agar y el inóculo con seis movimientos de izquierda a derecha, de arriba abajo, seis movimientos en la dirección de las manijas del reloj y otras seis en sentido contrario y seis movimientos de arriba a abajo. Posteriormente se incubó a 37°C por 24 horas y se realizó recuento de las placas que presentaron un número de colonias comprendido entre 15 y 300 ufc/g de carne (Ara, 2014).

b) Moho y levadura:

Dentro de una campana de flujo laminar, se pesó 10 g de muestra y se homogenizó con 90 ml de agua peptonada utilizando una licuadora (Oster 4655) a baja velocidad por 20 segundos, después se hicieron tres diluciones decimales con agua peptonada al 0.1% (10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4}). A partir de las diluciones decimales se añadió 1 ml con pipetas estériles por duplicado en cada placa Petri estéril. Luego se vertió en cada placa 15 ml de agar Sabouraud (CM0041) fundido

y atemperado a 45-50°C. Se homogenizó el agar y el inóculo con seis movimientos de izquierda a derecha, seis arriba y abajo y seis movimientos en la dirección de las manijas del reloj y otras seis en sentido contrario. Posteriormente se incubó durante 5 días a temperatura ambiente (25°C) según lo establecido en la norma, finalmente se realizó el recuento de las placas que presentaron un número de colonias comprendido entre 15 y 150 ufc/g de carne (Ara, 2014).

c) Coliformes totales:

Dentro de una campana de flujo laminar, se pesó 10 g de muestra y se homogenizó con 90 ml de agua peptonada utilizando una licuadora (Oster 4655) a baja velocidad por 20 segundos, después se hicieron tres diluciones decimales con agua peptonada (10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4}). A partir de las diluciones decimales se añadió 1 ml con pipetas estériles por duplicado en cada placa Petri estéril. Luego se vertió en cada placa unos 15 ml de agar Bilis Rojo Violeta (RBVA) (CM0107) fundido y atemperado a 45-50°C. Se homogenizó el agar y el inóculo con seis movimientos de izquierda a derecha, seis movimientos de arriba abajo y seis movimientos en la dirección de las manijas del reloj y otras seis en sentido contrario, después que el medio solidificó se añadió otros 5 ml de RVBA mas hasta que solidifique y posteriormente se incubó por 24 horas a 37°C según lo establecido por la norma ISO 4832 (2006) y se realizó el recuento de las placas que presenten un número de colonias comprendido entre 10 y 150 ufc/g de carne (Camacho, et al., 2009).

d) *Salmonella ssp*

Para la identificación de *Salmonella ssp* se realizaron las siguientes etapas: Pre-enriquecimiento de la muestra en medio no selectivo, se pesó 25 g de muestra y se agregó en 250 ml de agua peptonada tamponada, luego se incubó a 37°C durante 16 horas. Después se realizó el enriquecimiento en medio líquido selectivo, se traspasó 2 ml a tubos que contenían caldo Rappaport Vasiliadis (218681) e incubó durante 22 horas a 41.5°C en un equipo de baño maría (Lab companion BS-06). Y finalmente el aislamiento en medio selectivo y

diferencial, con asa de kolle se sembró por duplicado en agar Eosina y Azul de Metileno (CM0069), luego se incubó a 37°C por 24 horas y se observó presencia de colonias incoloras características de *Salmonella ssp* (ANMAT, 2011).

3.5 Análisis estadístico

Los valores fueron recogidos en una hoja de Excel, los datos se muestran \pm la desviación estándar. La comparación de medias se desarrolló mediante ANOVA utilizando el programa Minitab 18. Las diferencias entre medias se desarrollaron utilizando la prueba de Tukey en un nivel de significancia de 0.05.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis proximal

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis proximal. El contenido de proteína en la muestra cruda presentó menor concentración (18.10%), frente a la muestra pasteurizada (27.28%) y esterilizada (24.39%). Después de ambos tratamientos térmicos la muestra pasteurizada y esterilizada incrementaron 9 y 6% respectivamente con relación a la muestra cruda. Se presentó diferencia significativa en las tres muestras.

El contenido de grasa aumentó después de los tratamientos térmicos, la muestra cruda presentó 4.48% de grasa, aumentó a 5.18% para la muestra pasteurizada y se mantuvo en 5.18% para la esterilizada. La variación del contenido de grasa no presentó diferencia significativa

La cantidad de cenizas en la muestra cruda fue 0.95%, que después del tratamiento térmico de pasteurización se redujo significativamente a 0.79%, en el tratamiento de esterilización se redujo a 0.94%. No se presentaron diferencias significativas en ningún tratamiento.

La muestra cruda presento 74.70% de humedad, se redujo a 69.30% en la muestra pasteurizada y a 67.85% en la muestra esterilizada. La pérdida de humedad fue mayor a medida que se aumentó la temperatura y tiempo de tratamiento. La mayor pérdida se presentó en la muestra esterilizada respecto a la muestra cruda donde se perdió 7% de humedad. No se presentó diferencia significativa entre la muestra pasteurizada y esterilizada, pero si entre la muestra cruda y las muestras tratadas térmicamente.

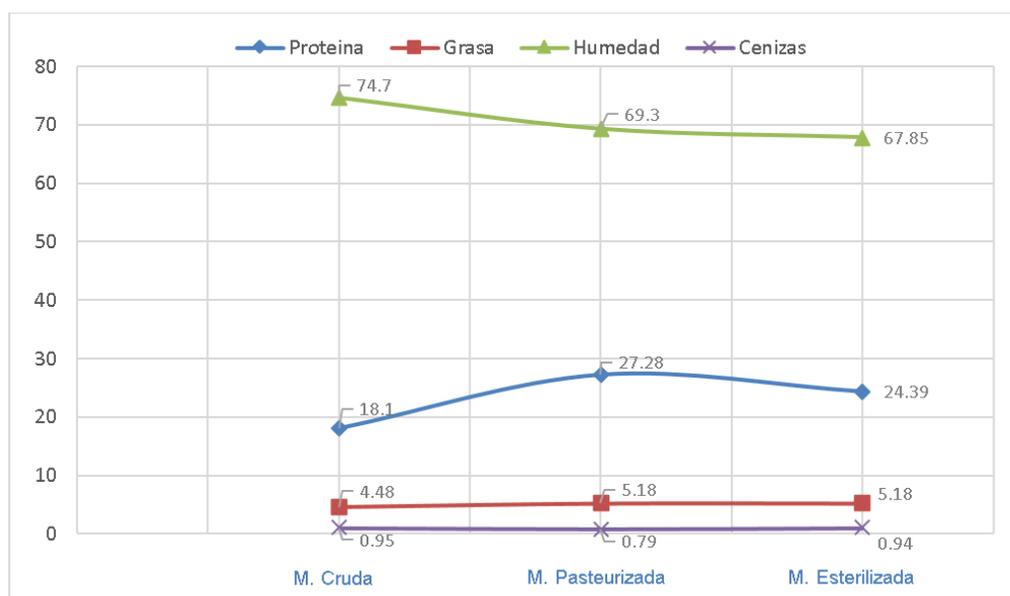
Tabla 4. Análisis proximal

Descripción de la muestra	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig.
	T1: M. Cruda	T2: M. Pasteurizada	T3: M. Esterilizada			
Proteína	18.10 ±0.42 ^c	27.28±0.04 ^a	24.39±0.31 ^b	493.14	<0.001	*
Grasas	4.48±0.29 ^a	5.18±0.18 ^a	5.18±0.24 ^a	5.76	0.094	NS
Humedad	74.70±1.13 ^a	69.30±1.27 ^b	67.85±0.64 ^b	23.66	0.015	*
Cenizas	0.95±0.06 ^a	0.79±0.07 ^a	0.94±0.05 ^a	3.93	0.145	NS

Datos expresados en promedio ± SD, n=2. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.05).

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Curvas de dispersión de análisis proximal



Fuente: Elaboracion propia

4.2 pH

El efecto del tratamiento térmico sobre el pH (Tabla 5) aumentó de forma significativa de 6.43 en la muestra cruda, a 6.79 en la muestra pasteurizada y se redujo levemente a 6.63 en muestra esterilizada. Existió diferencia significativa en las tres muestras.

Tabla 5. Determinación de pH

Descripción de la muestra	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig.
	T1: M. Cruda	T2: M. Pasteurizada	T3: M. Esterilizada			
pH	6.43 ^c	6.79±0.04 ^a	6.63±0.04 ^b	63.89	0.004	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=3. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.05).

Fuente: elaboración propia

4.3 Mediciones de color

Las mediciones de color presentadas en la Tabla 6. muestran que el valor L* en la carne de cuy aumentó después de la pasteurización a 55.83 y disminuyó a

42.97 al ser esterilizado ($\alpha < 0.05$) el valor crudo fue de 31.00. Sabiendo que L^* representa los componentes de luminosidad que va desde 0 a 100 (de negro a blanco), la carne después de ser tratada térmicamente presentó una coloración más clara.

Por otra parte, el valor de a^* (verde si es negativo y rojo si es positivo) se redujo después de los tratamientos térmicos en la carne de cuy ($\alpha < 0.05$), el resultado fue 23.79 para la muestra cruda, 9.97 para la pasteurizada y 14.27 para la esterilizada ($\alpha < 0.05$); perdió la coloración rojiza siendo reaccionada por un color más verduzco. Y los valores de b^* (azul si es negativo y amarillo si es positivo) fueron 12.48 para la muestra cruda, 18.08 para la pasteurizada y 21.06 para la esterilizada; intensificó su color amarillo después del tratamiento térmico ($\alpha < 0.05$).

Bajo los mismos criterios se analizó el pellejo y para la muestra cruda el valor de L^* fue 71.41, para la muestra pasteurizada fue 55.22 y para la esterilizada 50.82, observándose un efecto inverso a la carne (pata y brazuelo), se redujo el tono de blanco a medida que se aumentó la temperatura. El valor de a^* en la muestra cruda fue 5.85, en la muestra pasteurizada fue 9.97 y en la esterilizada fue 8.71, formándose más tono rojo que verde después de los tratamientos ($\alpha < 0.05$), y finalmente para el valor b^* en la muestra cruda se obtuvo 17.77, en la muestra pasteurizada 26.70 y en la esterilizada 24.80, se observó mayor incremento del tono amarillo a medida que se aumentó la temperatura.

Tabla 6. Mediciones de color

Descripción de la muestra	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig.
	T1: M. Cruda	T2: M. Pasteurizada	T3: M. Esterilizada			
Pata y brazuelo						
L^*	31.00±9.31 ^c	55.83±4.72 ^a	42.97±4.51 ^b	35.67	<0.001	*
a^*	23.79±5.01 ^c	9.97±1.96 ^a	14.27±2.40 ^b	43.41	<0.001	*
b^*	12.48±3.34 ^b	18.08±1.88 ^a	21.06±2.67 ^a	26.12	<0.001	*
C^*	26.94±5.63 ^a	20.72±1.94 ^b	25.50±3.01 ^a	7.53	0.003	*
h^*	0.48±0.08 ^c	1.07±0.09 ^a	0.98±0.07 ^b	141.71	<0.001	*
Pellejo						
L^*	71.41±4.09 ^a	55.22±4.35 ^b	50.83±4.13 ^b	67.03	<0.001	*
a^*	5.85±1.46 ^c	11.62±1.94 ^a	8.71±2.01 ^b	25.06	<0.001	*
b^*	17.77±1.64 ^b	26.70±2.53 ^a	24.80±1.73 ^a	54.83	<0.001	*
C^*	18.76±1.68 ^c	29.18±2.25 ^a	26.32±2.23 ^b	60.77	<0.001	*
h^*	1.25±0.08 ^a	1.16±0.07 ^b	1.24±0.05 ^a	5.65	0.009	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=10. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia

4.4 Test TBARS

Los resultados del test de TBARS expresan la reacción del malondialdehído con el ácido tiobarbitúrico (MDA-TBA), sin embargo, esta reacción también tiene como máxima absorción otros compuestos que reaccionan con el TBA y pueden afectar la medición totalmente precisa. Por ese motivo se generaliza a poner los resultados como TBARS, ya que son todas las sustancias capaces de reaccionar con el TBA, la Tabla 7 muestra los resultados ($\alpha < 0.05$), sobre la cantidad de

malondialdehído/Kg para cada proceso térmico; 1.166, 4.185 y 3.434 para la muestra cruda, pasteurizada y esterilizada respectivamente.

Tabla 7. Oxidación lipídica por test TBARS

Descripción de la muestra	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig.
	T1: M. Cruda	T2: M. Pasteurizada	T3: M. Esterilizada			
TBARS	1.17 ±0.07 ^b	4.19±0.52 ^a	3.43±0.07 ^a	78.39	<0.001	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=3. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.05).

Fuente: Elaboración propia

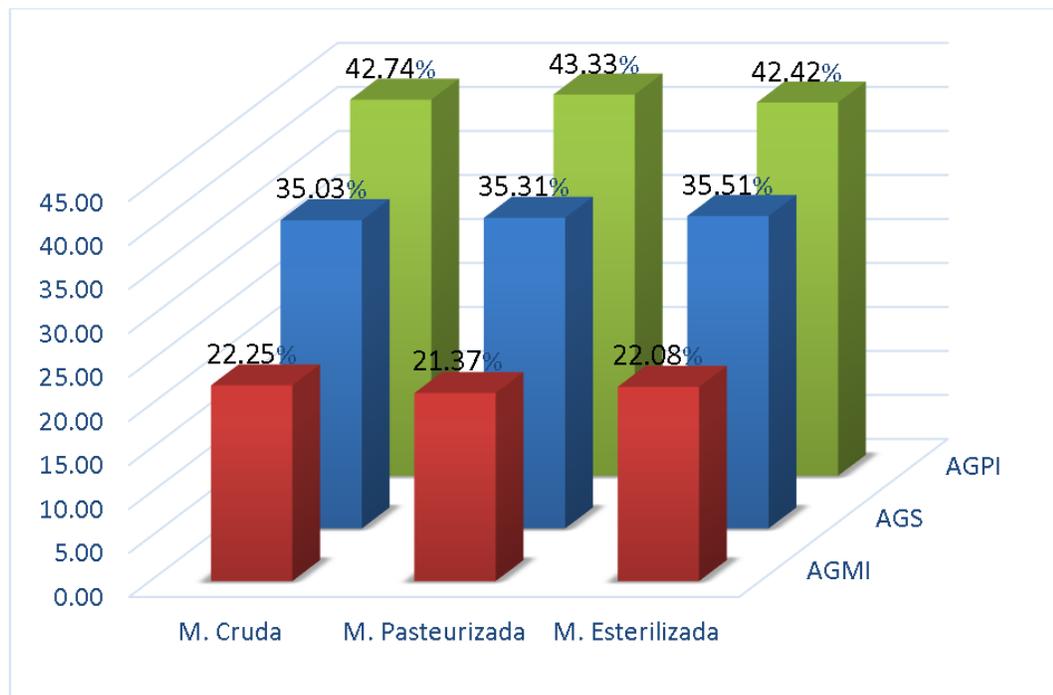
4.5 Análisis del perfil de ácidos grasos

La Figura 4 muestra que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) fueron los de mayor predominancia después de los ácidos grasos saturados (AGS), la muestra cruda presentó 35.03% de AGS, aumentó significativamente después del tratamiento térmico en la muestra pasteurizada (35.31%) y esterilizada (35.51%). El ácido graso monoinsaturado (AGMI) fue el de menor predominancia en el cuy, con 22.25% para la muestra cruda, se redujo significativamente a 21.37% para la pasteurizada y 22.08% para la esterilizada.

La muestra cruda presentó 42.74% de AGPI, aumentó significativamente en la muestra pasteurizada a 43.33% y en la esterilizada se redujo a 42.42%, todos con diferencia significativa.

La tabla 8 muestra las diferencias significativas para cada ácido graso encontrado en el perfil del cuy representado en porcentaje. Se observa que el ácido palmítico es el ácido más representativo en los AGS, el ácido oleico es el más representativo en los AGMI y el linoleico en los AGPI.

Figura 4. Porcentaje de ácido graso saturado, monoinsaturado y poliinsaturado en los tres tratamientos



AGS: ácido graso saturado; AGMI: ácido graso monoinsaturado; AGPI: ácido graso poliinsaturado

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 8. Análisis de ácidos grasos representados en porcentaje

Ácido Graso	Abreviación taquigráfica	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig
		T1:	T2:	T3:			
		M. Cruda	M. Pasteurizada	M. Esterilizada			
Ácidos grasos saturados		35.03±0.04^b	35.31±0.19^a	35.51±0.53^a	1.06	0.446	NS
Mirístico	C 14:0	1.25±0.01 ^b	1.27±0.01 ^b	1.35±0.03 ^a	16.62	0.024	*
Pentadecaenoico	C 15:0	0.40±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a	0.40 ^a	0.2	0.829	NS
Palmitico	C 16:0	22.75±0.09 ^a	22.98±0.23 ^a	22.93±0.01 ^a	1.54	0.347	NS
Heptadecaenoico	C 17:0	0.68±0.03 ^a	0.68±0.02 ^a	0.69±0.01 ^a	0.12	0.895	NS
Esteárico	C 18:0	8.59±0.05 ^a	8.69±0.04 ^a	9.08±0.52 ^a	1.48	0.358	NS
Araquídico	C 20:0	0.19±0.01 ^a	0.17±0.01 ^{ab}	0.16 ^b	10.5	0.044	*
Behénico	C 22:0	1.19±0.16 ^a	1.13±0.03 ^a	0.91±0.01 ^a	5.41	0.101	NS
Ácidos grasos monoinsaturados		22.25±0.02^a	21.37±0.06^b	22.08±0.22^a	24.88	0.014	*
Palmitoleico	C 16:1	0.81±0.01 ^b	0.83±0.007 ^b	1.04±0.01 ^a	220.78	0.001	*
Oleico	C 18:1 w-9	19.95±0.03 ^a	19.07±0.071 ^b	19.48±0.23 ^{ab}	20.41	0.018	*
Vaccénico	C 18:1 w-7	1.16 ^b	1.17±0.014 ^b	1.25±0.01 ^a	36.5	0.008	*
Eicosanoico	C 20:1 w-9	0.33±0.01 ^a	0.30±0.014 ^a	0.31±0.01 ^a	3.5	0.164	NS
Ácidos grasos poliinsaturados		42.74±0.02^{ab}	43.33±0.13^a	42.42±0.31^b	11.35	0.04	*
Linoleico	C 18:2 w-6	35.49±0.05 ^a	35.30±0.01 ^a	34.28±0.25 ^b	31.71	0.007	*
a-Linolénico	C 18:3 w-3	4.93±0.04 ^c	5.59±0.021 ^a	5.17±0.01 ^b	351.5	<0.001	*
Eicosadienoico	C 20:2 w-6	0.45±0.02 ^a	0.49±0.01 ^a	0.46 ^a	4.9	0.113	NS
Eicosatrienoico	C 20:3 w-3	1.47±0.01 ^b	1.46±0.01 ^b	1.91±0.03 ^a	450.17	<0.001	*
Clupanodónico	C 22:5 w-3	0.27±0.14 ^a	0.38±0.01 ^a	0.46±0.01 ^a	2.68	0.215	NS
Docosahexaenoico	C 22:6 w-3	0.14±0.01 ^a	0.13 ^a	0.15±0.01 ^a	3.5	0.164	NS

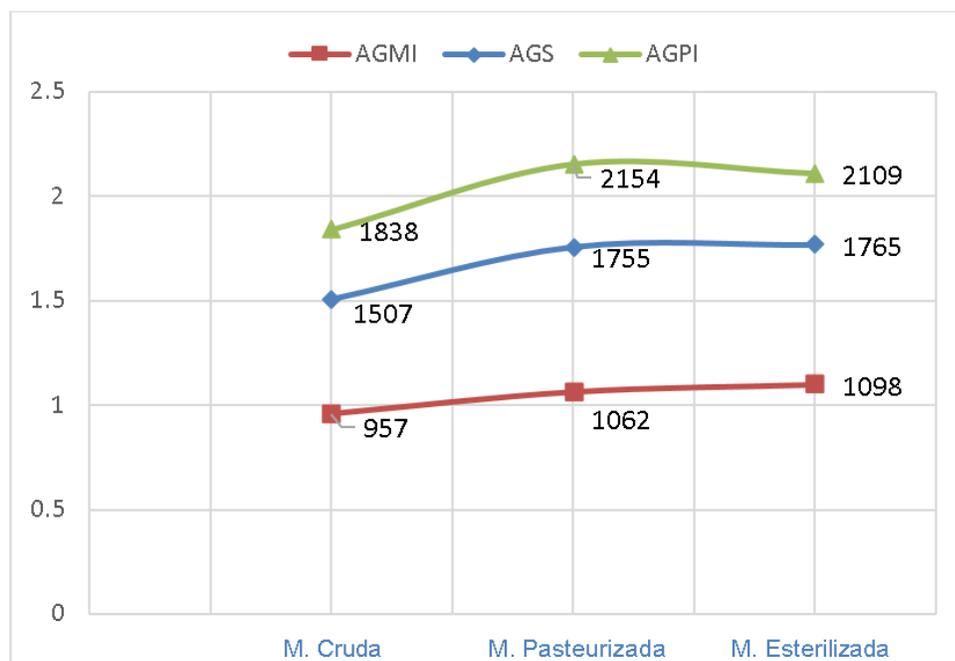
Datos expresados en promedio ± SD, n=2. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.05).

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8 reporta los resultados de la cantidad de ácidos grasos representados en porcentaje, que están calculados en base al contenido de grasa total, expresados en la Tabla 4, que fueron 4.48%, 5.18% y 5.18% en la muestra cruda, pasteurizada y esterilizada respectivamente. Mientras que la tabla 9 reporta los resultados expresados en mg/100g de muestra.

En la figura 5 se observa el cambio en curvas de dispersión de los AGS, AGMI y AGPI después de los tratamientos térmicos.

Figura 5 Curvas de dispersión de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en los tres tratamientos representado en mg/100g



AGS: ácido graso saturado; AGMI: ácido graso monoinsaturado; AGPI: ácido graso poliinsaturado

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 9. Análisis de ácidos grasos representados en mg/100g

Ácido Graso	Abreviación taquigráfica	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig
		T1: MC	T2: MP	T3: ME			
Ácidos grasos saturados		1507±<0.01^b	1755.01^a	1765±0.03^a	155.92	0.001	*
Mirístico	C 14:0	53±<0.01 ^c	63 ^b	67±0.01 ^a	115.4	0.001	*
Pentadecanoico	C 15:0	17±<0.01 ^b	19.5±<0.01 ^a	20<0.01 ^a	31	0.01	*
Palmitico	C 16:0	978.5±<0.01 ^b	1142±0.01 ^a	1139.5±<0.01 ^a	373.47	<0.001	*
Heptadecanoico	C 17:0	29±0.001 ^b	33.5±<0.01 ^a	34<0.01 ^a	18.2	0.021	*
Esteárico	C 18:0	369.5±<0.01 ^b	427±0.01 ^{ab}	451±0.03 ^a	14.53	0.029	*
Araquídico	C 20:0	7.9±<0.01 ^a	8.2±<0.01 ^a	8<0.01 ^a	0.76	0.542	NS
Behénico	C 22:0	51±0.01± ^a	56±<0.01 ^a	45<0.01 ^a	3.5	0.164	NS
Ácidos grasos monoinsaturados		957±0.001^c	1062±0.003^b	1098±0.01^a	261.43	<0.001	*
Palmitoleico	C 16:1	34.5±<0.01 ^c	41±<0.01 ^b	51.5±<0.01 ^a	441.5	<0.001	*
Oleico	C 18:1 w-9	858±0.01 ^b	948±<0.01 ^a	968±0.01 ^a	149.28	0.001	*
Vaccénico	C 18:1 w-7	50±<0.01 ^c	58.5±<0.01 ^b	62.5±<0.01 ^a	244.5	<0.001	*
Eicosanoico	C 20:1 w-9	14±<0.01 ^a	14.5±<0.01 ^a	15±<0.01 ^a	3	0.192	NS
Ácidos grasos poliinsaturados		1838±<0.01^c	2154±0.01^a	2109±0.02^b	635.22	<0.001	*
Linoleico	C 18:2 w-6	1526.5±0.002 ^c	1755±0.01 ^a	1704±0.13 ^b	434.86	<0.001	*
a-Linolénico	C 18:3 w-3	212±<0.01 ^c	277.5±<0.01 ^a	257.5±<0.01 ^b	2253.5	<0.001	*
Eicosadienoico	C 20:2 w-6	19±<0.01 ^b	24±<0.01 ^a	23±<0.01 ^a	21	0.017	*
Eicosatrienoico	C 20:3 w-3	63±<0.01 ^c	72.5±<0.01 ^b	95±0.01 ^a	648.2	<0.001	*
Clupanodónico	C 22:5 w-3	11.5±<0.01 ^a	18.5±<0.01 ^a	22.5±<0.01 ^a	4.48	0.126	NS
Docosahexaenoico	C 22:6 w-3	5.8±<0.01 ^b	6.5±<0.01 ^{ab}	7.3±<0.01 ^a	15.39	0.026	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=2. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes (p<0.05).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se observa que el ácido linolénico (ALA) de la muestra cruda aumentó alrededor de 30% cuando fue pasteurizada y 20% cuando fue esterilizada, ALA es el ácido graso de mayor predominancia en los omega-3 y aumentó significativamente de 212 mg/100g en la muestra cruda a 277.5 mg/100g en la muestra pasteurizada sin embargo disminuyó significativamente a 257.5 mg/100g en la muestra esterilizada.

En la tabla 11 se observa la cantidad de omega-3 y omega-6 total representados en mg/100 g. Los omega-6 aumentaron 15% desde la muestra cruda a la pasteurizada, los resultados para la muestra cruda, pasteurizada y esterilizada

fueron 1546, 1779 y 1727 mg/100g respectivamente. Los omega-3 también incrementaron 30% a medida que la temperatura subió, siendo 292.5 mg/100g para la muestra cruda ($\alpha < 0.05$), 375.5 mg/100g para la pasteurizada y 382.5 mg/100g para la esterilizada.

Tabla 10. Análisis de omega-3, omega-6 y relación de ambos representados en porcentaje

Ácido Graso	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig
	T1: MC	T2: MP	T3: ME			
Omega-3	6.80±0.09 ^b	7.55±0.01 ^a	7.69±0.06 ^a	109.5	0.002	*
Omega-6	35.93±0.07 ^a	35.79±0.12 ^a	34.74±0.25 ^b	31.62	0.01	*
Relación n-3/n-6	0.19±<0.01 ^c	0.21±<0.01 ^b	0.22<0.01 ^a	107.21	0.002	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=2. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Análisis de omega-3, omega-6 y relación de ambos representados en mg/100g de muestra

Ácido Graso	Tratamientos			Fcal	Pr>F	Sig
	T1: M. Cruda	T2: M. Pasteurizada	T3: M. Esterilizada			
Omega-3	292.50±<0.01 ^b	375.50±<0.01 ^a	382.50±<0.01 ^a	401.01	<0.001	*
Omega-6	1546±<0.01 ^c	1779±<0.01 ^a	1727±0.01 ^b	436.65	<0.001	*
Relación n-3/n-6	0.19±<0.01 ^c	0.21±<0.01 ^b	0.22<0.01 ^a	107.21	0.002	*

Datos expresados en promedio ± SD, n=2. Valores en una misma fila con diferentes superíndices indican que son diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia

4.6 Análisis microbiológicos

La norma técnica peruana 201.058, 2006, (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]) establece que en la carne de cuy se recomiendan valores menores a 10^6 ufc/g para aerobios mesófilos viables, valor menor a 10^2 ufc/g respecto a los coliformes totales y establece ausencia de *Salmonella spp*, en 25 g de muestra. Para mohos

y levaduras la norma técnica peruana NS 071, 2008, art. 8 (Ministerio de Salud [MINSAL]), establece un rango de 10^2 y 10^3 ufc/g para semiconservas.

La Tabla 12 muestra que los tratamientos térmicos redujeron drásticamente la carga microbiana. La muestra de cuy crudo refrigerado presentó 1.4×10^5 ufc/g de mesófilos viables, y debido al efecto del tratamiento de pasteurización y esterilización no se observaron colonias. Los mohos y levaduras en la carne cruda se encontraron en un valor de 1.6×10^2 ufc/g, y debido al efecto de los tratamientos térmicos no se encontraron colonias. En cuanto a los coliformes totales de la muestra cruda se obtuvo un recuento de 3.9×10^4 ufc/g, no se encontraron colonias en las muestras tratadas. Y finalmente en ninguna de las muestras se encontraron *Salmonella spp*, en 25g de muestra.

Tabla 12. Prueba de análisis microbiológico para las tres muestras de cuy

Parámetro	Límite por g		Tratamiento		
	m	M	M. Cruda	M. Pasteurizada	M. Esterilizada
Aerobios mesófilos viables (UFC/g)	10	$<10^6$	1.4×10^5	<10	<10
Moho y levadura (UFC/g)	10^2	10^3	1.6×10^2	<10	<10
Coliformes totales (UFC/g)	10	$<10^2$	3.9×10^4	<10	<10
<i>Salmonella sp</i>	Ausencia en 25g	Ausencia en 25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Análisis proximal

5.1.1 Proteína

El efecto del tratamiento ocasiono una pérdida de peso de 14% y 25% en la muestra pasteurizada y esterilizada respectivamente. La pasteurización se realizó a temperatura de 92°C y el colágeno se gelatiniza a partir de los 45° y 50°C después de las interacciones de proteínas (Tornberg, 2005). Por lo que la pérdida de peso corresponde en parte al colágeno gelatinizado y eliminado.

Dado que las muestras perdieron peso después de los tratamientos térmicos, se asume que se concentró elementos como las proteínas. El tratamiento térmico alteró significativamente el contenido de proteínas en todas las muestras (Tabla 4), ocasionando un aumento significativo en la muestra cruda, que presentó 18.10%, la pasteurizada presentó la mayor cantidad de proteínas: 27.28% y la muestra esterilizada presentó 24.39%.

Se observó que en la muestra esterilizada hay una disminución de proteínas, podría deberse a la observación que hace Bertola et al. (1994), donde después de exponer la carne de vaca a temperaturas elevadas, concluyen que, a mayor temperatura, menor peso de muestra; debido a la desnaturalización de la miosina y actina que son los encargados de la estructura muscular provocando

perdida de agua, que se prolonga con el tiempo de exposición. Estas proteínas que se desnaturalizaron más en la esterilización que en la pasteurización pueden ser los causantes de que haya más contenido de proteínas en la muestra pasteurizada que en la esterilizada.

Murphy & Marks (2000) expusieron carne de vaca 80°C y encontraron que a esa temperatura el colágeno se convirtió en gelatina pasando por un encogimiento previo a 60°-70°C. La capacidad de retención de agua del tejido muscular se relaciona con el grado de desnaturalización por calor de las proteínas miofibrilares durante el procesamiento térmico. Y gran parte de la pérdida en peso de la muestra pasteurizada y esterilizada del presente estudio, 14 y 25% respectivamente, fue eliminado por haberse gelatinizado.

Toro, Ancco y Ramos (2015) afirman que después de la fritura de carne de cuy a 160°C/10 min la concentración de proteína llegó a 32.41%, al freírla por el mismo tiempo a 170°C y 180°C se incrementó significativamente a 36.09% y 38.08% respectivamente siendo la temperatura un factor directo y significativo sobre la variación en la concentración de los componentes.

Por otro lado, la línea genética afecta significativamente la cantidad de proteínas en la carcasa de cuy, estudios de Flores, Duarte y Salgado (2016) comparan el porcentaje de proteínas de la carne de cuy peruano mejorado, andino y criollo, los resultados son: 17.78%, 19.39% y 18.55% respectivamente. Higaonna, Muscari, Chauca y Astete (2008) encontraron resultados similares en cuyes raza Inti, Inka y Merino, los resultados fueron 19.14%, 20.36% y 19.86% respectivamente. La mayoría de valores bibliográficos se encuentran en el rango de resultados normales para el porcentaje de proteínas en el cuy, pero la línea genética es determinante para el contenido característico de proteínas y de otros componentes.

Comparado con otros animales (Tabla 1), el cuy presenta alto contenido de proteínas a diferencia de sus sustitutos cárnicos; pollo, pato, cerdo y vaca, 18.2%, 16.6%, 14.5% y 16.4% respectivamente. El conejo es el que presenta mayor similitud al cuy respecto a la composición de proteínas, presenta 20.4%. Gallo, et al. (2012) reportó 20.3% de proteínas en el cuy.

5.1.2 Grasa

La Tabla 4 muestra que el efecto del tratamiento térmico incrementó el contenido de grasas en la muestra pasteurizada y esterilizada. La muestra cruda presentó 4.48% de grasa, la muestra pasteurizada presentó 5.18% y la esterilizada 5.18%. Los componentes de la carne se concentraron después de la pérdida de peso ocasionada por la eliminación del agua que se desprendió de la carne luego de ambos tratamientos térmicos. Pero no se presentó diferencia significativa en ningún tratamiento.

Toro et al. (2015) después de exponer a fritura el cuy por 10 minutos encontraron un comportamiento similar al de nuestro estudio, pues la concentración de grasa incrementó de acuerdo al aumento en la temperatura, los resultados fueron 9.60%, 11.71% y 12.01% para las temperaturas de 160°C, 170°C y 180°C respectivamente, sin embargo, el contenido de grasa incrementó notablemente, debido a la transferencia de componentes por efecto de la fritura.

Pino, Serrada y Farias (2017) sometieron conservas de atún a 110°C/110 min, 117.77°C/55 min y 117.77°C/70 min y no observaron diferencias significativas en el porcentaje de grasa. Sin embargo, Nimish (2005) expuso en agua hirviendo por 30 minutos a dos especies de caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y (*Scomberomorus commersonii*), y bonito (*Katsuwonus pelamis*, el porcentaje de grasa incrementó después de la cocción de 3.44 a 6.18%, 4.50 a 4.54% y 2.67 a 6.45% respectivamente. Mostrando un comportamiento similar a los encontrado en el presente estudio en función a que se incrementó el contenido de grasa.

El valor de grasa que se obtuvo en el cuy beneficiado del presente estudio es inferior al obtenido por Gallo et al. (2015), que reportan un contenido de 7.80% de grasa. Flores et al. (2016), teniendo en cuenta la influencia genética, alimentación y sedentarismo de cada cuy, encontraron que el porcentaje de grasa del cuy peruano mejorado es 8.56%, del criollo 7.93% y andino 7.66%.

La Tabla 1 muestra que el cuy es uno de los animales con menor concentración de grasa (7.8%), frente al cerdo (37.3%), ovino (31.1%), vaca (21.8%), oveja (31.1%) y cabra (9.4%). Valor que es importante para la salud considerando que la FAO (2012) recomendó consumir entre 20 y 35% de grasas totales, aun siendo insuficiente para llegar a la ingesta diaria sin embargo la carcasa de cuy aporta gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados 42.74%. Es necesario consumir entre 6 y 11% del total energético diario de ácidos grasos poliinsaturados al día, 15 y 20% del total energético diario de monoinsaturados y menos de 10% del total energético diario de grasas saturadas.

5.1.3 Humedad

La Tabla 4 muestra la pérdida del contenido de humedad de la muestra cruda (74.70%), pasteurizada (69.30%) y esterilizada (67.85%). Existen diferencias significativas después del tratamiento térmico de pasteurización y esterilización

De acuerdo a Murphy y Marks (2000) las proteínas reducen su capacidad para retener el agua, lo que podría indicar un factor en la disminución de humedad en las muestras.

En estudios de Higaonna et al. (2008) se analizó el porcentaje de humedad de la carne de cuy peruano mejorado (74.41%), andino (73.90%) y criollo (73.61%), valores que se asemejan a nuestro estudio. Flores et al. (2016) también hizo estudios con cuyes peruanos, andinos y criollos, encontraron 73.48%, 75.84% y 72.83% de humedad respectivamente.

Pino et al. (2017) realizaron un estudio donde sometieron conservas de atún a 110°C/110 min, 117.77°C/55 min 117.77°C/70 min, y la humedad se redujo de 76.42%, 74.21% y 73.19% respectivamente. Comparando las dos temperaturas con que se trató a la muestra, se observa que la muestra sometida a menor temperatura presentó mayor porcentaje de humedad y esta va reduciéndose conforme la temperatura es mayor. Además, el porcentaje de humedad se reduce en cuanto el tiempo de exposición se extiende. Condición que se repite en nuestro estudio donde a mayor tiempo de exposición y mayor temperatura en la muestra, y menor porcentaje de humedad final.

5.1.4 Cenizas

La determinación del contenido de cenizas de la muestra cruda (0.95%), muestra pasteurizada (0.79%) y muestra esterilizada (0.94%) se observan en la Tabla 4, no se presentan diferencia significativa entre los tres tratamientos.

Después de freír el cuy por 10 minutos, Toro et al. (2015) no obtuvieron diferencia significativa en el contenido de cenizas, pero si un cambio sutil entre los tres tratamientos incrementando 2.87%, 2.88% y 3.06% para las temperaturas de 160°, 170° y 180°C respectivamente. Por su parte estudios de Higaonna et al. (2008) encontraron valores de contenido de cenizas más cercanos al estudio siendo, 1.16% de cenizas para el cuy peruano, 1.09% para el andino y 1.13% para el criollo.

Pino, et al., (2017) realizó un estudio donde sometió conservas de atún a 110°C/110 min, 117.77°C/55 min 117.77°C/70 min, los resultados de cenizas fueron 0.97%, 1.03% y 0.90% respectivamente sin diferencia significativa.

Los datos de este trabajo y los recogidos de otros autores demuestran que el efecto térmico sobre las cenizas no presenta diferencia significativa.

5.2 pH

La Tabla 5 muestra que a medida que el pH va en aumento en la muestra cruda (6.43), pasteurizada (6.79) y esterilizada (6.63), la humedad cumple un comportamiento opuesto viéndose reducido.

Según el Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de México (2008), los cambios de pH, alteran la aptitud de la proteína para asociarse con el agua y a medida que se eleva la temperatura disminuyen los puentes de hidrogeno. Fennema (1992) afirma que el tipo y la concentración de iones hidrogeno afectan la absorción de agua. De esta forma, después del tratamiento térmico se presentó una disminución de iones hidrogeno, por consiguiente, aumentó el pH, ocasionando una menor retención de proteínas. La Tabla 5 muestra una reducción de los iones hidrogeno al incrementarse el pH y junto a esto una reducción también en la humedad debido al debilitamiento en la retención de agua.

Nakandakari, Gutiérrez, Chauca y Valencia (2014) afirman que el musculo *psoas* mayor del cuy después de 12 horas de ser beneficiado tiene un pH 5.95, y pasado 24 horas 6.06. INDECOPI (2006) afirma que el rango del pH del cuy varía entre 5.5 - 6.4. Ramirez (2004) reportó que el pH en conejos es 6.

5.3 Mediciones de color

La carne de cuy cruda presenta de manera característica un color rojizo, que reduce su intensidad después de ser tratada térmicamente. El pellejo de cuy tiene un color característico blanco que visiblemente varia a un tono más amarillo después del tratamiento térmico.

La tabla 6 muestra los valores de medición de color para la parte de la pata y brazuelo crudo, los resultados fueron: 31, 23.79, 12.48, 26.94 y 0.48 para L*, a*, b*, C* y H* respectivamente, mientras que los valores que Ramirez (2004) reporto de *Longissimus thoracis y lomboranum* en conejos difieren con lo

encontrado en este estudio, siendo: 50.63, 5.29, 2.47, 5.89 y 0.44 para L*, a*, b*, C* y H* respectivamente.

Después de observar los resultados de la Tabla 6 se deduce que a medida que se incrementa la temperatura no necesariamente existe mayor degradación del color rojizo en la carne de cuy, se muestra que el patrón a* en la pata y brazuelo de cuy pasteurizado fue 9.97 y en la muestra esterilizada fue 14.27, es decir que el color rojizo en la carne de cuy se degradó más a temperatura de pasteurización que de esterilización ($\alpha < 0.05$). También se observó que el valor de a* de la pata y brazuelo crudo (23.79) fue significativamente superior al pasteurizado y esterilizado. La muestra de pellejo indica un comportamiento opuesto, el resultado fue un significativo incremento de coloración rojiza después de ambos tratamientos, además, un tono más rojizo en el pellejo pasteurizado que en el esterilizado.

La carne está compuesta de mioglobina que es el principal componente de color en la carne, la metamioglobina que es un subproducto de la mioglobina, al desnaturalizarse debido a temperaturas como las usadas para el tratamiento de pasteurización y esterilización permite la oxidación del hierro formando ferrihemocromo que es el de color opaco en las carnes cocidas (Suman y Joseph, 2013). También influye el tiempo sometido a tales temperaturas, ya que la esterilización duro 50 minutos y la pasteurización 30 minutos. García, Andrés y Martínez (2007) obtuvieron resultados similares al someter carne de vaca ya que a temperaturas más bajas se encontró coloración menos rojiza que a temperaturas altas.

Después de los tratamientos sobre la pata y brazuelo, el patrón b* mostró una intensificación del color amarillo y el patrón L* también aumentó, es decir, se manifestó un color más claro, se puede deducir que la temperatura clarifico la carne, pero se obtuvo un mayor valor en la muestra pasteurizada, pudiendo ser el exceso de temperatura y tiempo de tratamiento de esterilización un factor clave

donde la hemoglobina que es el principal componente de color en la carne reacciona al calor reduciendo su luminosidad y volviéndola más azulina en comparación a la pasteurización. García et al. (2007) obtuvo resultados similares cuando sometió carne de vaca a temperaturas de cocción y el patrón b^* incrementó su valor del mismo modo que L^* .

Después de los tratamientos, se redujo significativamente el valor de L^* en el pellejo, es decir, se tornó de un color más oscuro e incrementó el color amarillo (b^*). El pellejo pasteurizado presentó mayor coloración amarillenta que el esterilizado.

Después del tratamiento térmico el valor de H^* aumentó significativamente en la pata y brazuelo, pero se redujo en el pellejo. Por otra parte, la intensidad de color percibida por el ojo humano, es decir, el valor de C^* , disminuyó significativamente en la pata y brazuelo después de ambos tratamientos térmicos, sin embargo, solo existe diferencia significativa entre el pasteurizado (20.72) vs el crudo (26.94) y entre el pasteurizado (20.72) vs el esterilizado (25.50), observándose que el pasteurizado tiene el menor valor de todas las muestras, ocurre lo contrario con el pellejo ya que presenta el mayor valor ($\alpha < 0.05$).

Puede deberse a que la temperatura excesiva de la esterilización degradó la intensidad de color del pellejo más que la temperatura de pasteurización. Además, todas las muestras que pasaron por tratamiento térmico mostraron incremento de intensidad de color. El pellejo protege a la carne, y sufre directamente la reacción de las altas temperaturas.

5.4 Test TBARS

La oxidación lipídica en la carcasa de cuy (Tabla 7) aumentó significativamente por el efecto de los tratamientos térmicos, sin embargo, la cantidad de malondialdehído (MDA) en la muestra pasteurizada (4.19 mg de

MDA/kg) no presentó diferencias significativas con la esterilizada (3.43 mg de MDA/kg).

Se observó que después del tratamiento térmico se produjo oxidación de lípidos por lo tanto producción de compuestos secundarios. En el estudio de Tokur (2007) donde fríen y hornean trucha (*Oncorhynchus mykiss*), la cantidad de mg de MDA/kg fue 4.98 y 5.78 respectivamente, comparado con la trucha fresca que presenta 0.22 mg de MDA/kg, o muestras de cerdo frescas que presentaron 1.40 mg MDA/kg y después de ser calentadas hasta temperaturas internas de 80°C y puestas en almacenamiento por 7 días presentaron 5.61 mg de MDA/kg (Juntachote et al. 2007). Estos datos superan los valores obtenidos en la carne de cuy del presente estudio, y también supera la afirmación de Chouliara et al. (2007) que señala que un indicador de rancidez oxidativa se presenta en niveles superiores a 3 mg de MDA/kg. Si bien es cierto el valor de TBARS de Tokur, Juntachote et al. y del presente estudio superan lo afirmado por Chouliara. Estudios de Nimish, (2005) respaldan a este último debido a que el resultado de MDA/kg en bonito (*Katsuwonus pelamis*) fresco (0.72) incrementan a 1.32 después de pasar por un proceso de esterilización, y a 1.33 después de un tratamiento de cocción con agua. Además, Traore et al. (2012) encontró que en cerdo fresco la cantidad de mg de MDA/kg fue 0.42 y después de calentarlo a 100°/30 min la cantidad de mg de MDA/kg incrementó a 0.62.

Sin embargo, del TBA como método exclusivo para medir la oxidación lipídica, Venegas y Pérez (2009) concluyen que: aplicando métodos físicos y químicos, aún no se cuenta con un método que pueda medir con exactitud la oxidación de los lípidos de tal modo que se pueda predecir de manera irrefutable un producto cárnico como sensorialmente inaceptable.

Esa conclusión que incluso va más allá de este estudio, no se puede desechar por destacar algo que este estudio no incluye, como es el análisis de la vida útil y la aceptabilidad sensorial. Es importante conocer la oxidación lipídica

después de un proceso crítico como es el tratamiento térmico, donde la pasteurización y esterilización afectaron significativamente la oxidación lipídica en el cuy en el presente estudio.

5.5 Análisis de ácidos grasos

5.5.1 Ácidos grasos saturados

El efecto de los tratamientos térmicos sobre los ácidos grasos saturados (AGS) representados en porcentaje se presentan en la Tabla 8 incrementaron después de ambos tratamientos.

Fennema (1992) afirma que los ácidos grasos saturados son más estables que los insaturados. Y en la Tabla 8 se observa que después de los tratamientos, los ácidos grasos saturados incrementaron, mientras que los monoinsaturados disminuyeron.

En el presente estudio se encontraron siete ácidos grasos saturados en el cuy, según jerarquía el más representativo fue el ácido palmítico seguido del ácido esteárico, mirístico, behénico, heptadecanoico, pentadecanoico y araquídico. Tan solo el ácido behénico y araquídico se redujeron después del tratamiento térmico.

Estudios de Kouakou et al. (2013), encontraron que el ácido palmítico (21.82%) también fue el AGS más representativo en la carne de cuy, seguido del ácido esteárico (9.60%), mirístico (1.59%), pentadecanoico (0.29%) y araquídico (0.14%). No se encontró presencia de ácido heptadecanoico y behénico.

Fu & Sinclair (2000) tampoco reportaron siete AGS como en nuestro estudio, pero sí coincidieron con Kouakou et al. (2015) en los tres primeros de la jerarquía, reportaron que el ácido más representativo en el cuy fue ácido palmítico (22.2%) seguido del ácido esteárico (4.8%) y mirístico (2.1%). Probablemente las diferencias sean debido a la alimentación de los animales, pues Kouakou et al.

alimentaron en base a pasto (*Panicum máximum*) y Fu & Sinclair en base a dietas de alto contenido de ácido α -linolénico. Huamaní (2015), también reportó que el ácido palmítico (19.56%) es el AGS más representativo en el cuy, seguido del ácido esteárico (7.31%) y eneicosanoico (1.07%).

En la Tabla 9 se presentan los resultados de los AGS en los tres tratamientos en mg/100 g de muestra. Y se encontró que después del tratamiento de pasteurización y esterilización los AGS incrementaron significativamente 16 y 17% respectivamente. Además, se encontró que con excepción del ácido behénico y araquídico todos los demás AGS incrementaron significativamente. Los que más variaron fueron: el ácido palmítico, incrementó 17% tanto en la pasteurización como en la esterilización. El ácido esteárico incrementó 16% en la pasteurización y 22% en la esterilización, el ácido mirístico incrementó 19% en la pasteurización y 26% en la esterilización. El ácido heptadecanoico incrementó 16% en la pasteurización y 17% en la esterilización. Y el ácido pentadecanoico incrementó 15% en la pasteurización y 18% en la esterilización.

Los resultados difieren con los encontrados por Toro et al. (2015). Que expusieron el cuy a temperaturas de fritura de 160°, 170° y 180°C por 8, 10 y 13 min. Encontraron que el tratamiento de 160°C/8 min fue el que más incrementó los AGS, de 307 mg/100g en la muestra cruda hasta 2883 mg/100g en la frita. Eso significa un incremento de 839%. Además, se observó un incremento de 741% en el ácido palmítico, 1096% en el ácido esteárico, 1138% en el ácido heptadecanoico y 1300% en el pentadecanoico. Las grandes variaciones comparadas con nuestro estudio se dieron, en parte, por la transferencia del contacto directo entre el aceite usado para la fritura, y el cuy.

Domiszewski et al. (2011) encontraron que después de exponer el pez gato rayado (*Pangasius hypophthalmus*) a tratamientos de hervido (100°C) y fritura (180°C), los AGS se redujeron significativamente solo en la fritura. El ácido palmítico, esteárico, mirístico, pentadecanoico, araquídico y láurico, se redujeron

notablemente cuando la muestra fue frita pero no cuando fue cocida en agua. En la pasteurización y esterilización de nuestro estudio, se aplicaron temperaturas similares, pero en un tiempo de exposición mayor. Y el ácido palmítico, esteárico y mirístico incrementaron (Tabla 8), por lo que las matrices cárnicas y el tiempo de exposición influyen en el resultado final.

Además, Domiszewski et al. (2011), encontró mayor reducción de AGS en la muestra frita que en la hervida, por lo que el principal causante de la variación en el contenido de AGS se debe a un efecto de la interacción entre el aceite y el pescado.

Se observaron comportamientos similares en lubina (*Dicentrarchus labrax*) frita y horneada (Yanar, et al. 2007), donde la muestra frita tiene reducciones significativas de AGS (ácido palmítico, esteárico, mirístico, heptadecanoico, pentadecanoico y araquídico) pero en la muestra horneada, incrementa levemente. Turan & Kocapete (2014) también sometieron a fritura y horneado: bonito (*Sarda sarda bloch 1793*), y encontraron que en la muestra frita el ácido palmítico, heptadecanoico y pentadecanoico se redujeron significativamente pero el esteárico, mirístico y araquídico aumentaron. En la muestra horneada el ácido palmítico es el único que disminuyó mientras que los demás (esteárico, mirístico, heptadecanoico, pentadecanoico y araquídico) incrementaron significativamente.

En estudios donde no hubo interacción entre el aceite y matriz cárnica, diferentes pescados y productos marinos fueron sometidos a tratamientos térmicos de cocción con vapor de agua hirviendo (Dhanapal, et al. 2012; Fajmonová, et al. 2003 y Su & Babb, 2007), los resultados mostraron que los AGS incrementaron. Resultado similar al encontrado por el presente estudio. No obstante, Nimish (2005) afirma, que al tratar térmicamente dos especies de caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y (*Scomberomorus commersonii*), y bonito (*Katsuwonus pelamis*) a temperaturas de 100°C/30 min y 121°C/40 min se

redujeron los AGS en general, con excepción del ácido behénico que incrementó en ambas caballas.

Ghazala, Aucoin & Alkanani (1996) encontraron que después de pasteurizar carne de foca (*Phoca groenlandica*), los AGS se redujeron 23% en el tratamiento de 85°C/30 min y 20% en el de 100°C/25 min. Además, el ácido palmítico, esteárico y mirístico se redujeron en ambos tratamientos. Aubourg et al. (1990) encontraron que después de esterilizar a 115°/60 min el atún blanco (*Thunnus alalunga*) se redujo el ácido palmítico, esteárico, mirístico, heptadecanoico y pentadecanoico. Y los AGS totales se redujeron 7%.

En resumen, se observó que el efecto del tratamiento térmico sobre los AGS en matrices cárnicas se diferencia por la naturaleza de la matriz y el proceso por el que fue tratado. En estudios donde la muestra fue expuesta a la fritura se encontraron mayores pérdidas de AGS (Toro, et al., 2015; Domiszewski, et al., 2011; Yanar, et al., 2007; Turan & Kocapete., 2014) que en estudios donde fue sometida a horneado o hervido (Dhanapal, et al., 2012; Fajmonová, et al., 2003 y Su & Babb, 2007). No obstante, también se observaron estudios (Nimish, 2005; Ghazala, et al., 1996 y Aubourg, et al., 1990) donde diferentes productos marinos fueron pasteurizados y esterilizados, y los AGS se redujeron, mientras que en nuestro estudio incrementaron bajo parámetros similares de tiempo y temperatura.

La FAO, (2012) recomienda que la ingesta de AGS no exceda el 10% del total energético, además indica que la sustitución de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) por AGS reduce la cantidad de colesterol de baja densidad y riesgos de la enfermedad coronaria. Además, informa que el ácido palmítico y mirístico incrementan el colesterol de baja densidad mientras que el esteárico no (FAO, 2012). En el presente estudio se encontró que el ácido palmítico es el AGS más representativo seguido del ácido esteárico.

Sin embargo, los AGPI encontrados en este estudio son superiores a los AGS. Diversos productos marinos presentan mayor cantidad de AGS y AGMI en lugar de AGPI, por lo que su ingesta podría ser deficiente, sin embargo, la mayoría de pescados presentan gran cantidad de ácido docosahexaenoico (DHA) (Domiszewski, et al., 2011; Yanar, et al., 2007; Turan y Kocapete, 2014; Dhanapal et al., 2012; Fajmonová, et al., 2003; Candela, et al., 1998, Nimish, 2005), que sustituye a los demás ácidos grasos en el metabolismo humano aportando beneficios en la función sináptica del sistema nervioso y en el desarrollo de habilidades cognitivas (Coronado, et al., 2006 y Valenzuela y Nieto, 2001).

5.5.2 Ácidos grasos monoinsaturados

En la tabla 8 se observa que los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) se redujeron después del tratamiento de pasteurización (21.37%) y esterilización (22.08%), pero solo fue significativo en la muestra pasteurizada. Los AGMI representan la menor proporción del total de ácidos grasos en las muestras de cuy en el presente estudio y en la bibliografía encontrada en el estudio de estos animales (Huamaní, 2015; Guevara, 2009; Kouakou, et al., 2013). Huamaní (2015) reportó 21.66% de AGMI en el cuy. Guevara (2009) reportó 26.1%. Y Kouakou, et al., 2013) reportó 15.45%. En el estudio de Kouakou et al., se observa un valor considerablemente menor porque la alimentación de los cuyes fue únicamente con pasto (*Panicum máximum*). En los estudios de Huamaní y Guevara los resultados son similares al presente estudio porque la alimentación fue de forraje y alimento balanceado. Fu & Sinclair (2000) reportaron 34% de AGMI en la carne cuy.

En la tabla 9 se observa la cantidad de AGMI del presente estudio, representados mg/100g, la muestra cruda presentó 957 mg/100g, la muestra pasteurizada presentó 1062 mg/100g y la esterilizada presentó 1092 mg/100g. Significa un incremento de 11 y 15% en la muestra pasteurizada y esterilizada respectivamente. Ghazala et al. (1996) encontraron resultados que difieren con

los encontrados en nuestro estudio, después de pasteurizar carne de foca (*Phoca groenlandica*), los resultados de la carne cruda fueron 199 mg/100g de AGMI, después de los tratamientos de 85°C/30 min y 100°C/25 min se redujeron a 165 mg/100g y 144 mg/100g respectivamente, significa una reducción de 33 y 28% respectivamente. Aubourg et al. (1990) encontraron que después de esterilizar a 115°/60 min el atún blanco (*Thunnus alalunga*) los AGMI se redujeron 4.4%.

Domiszewski et al. (2011) encontraron que los AGMI incrementaron levemente en el pez rayado (*Pangasius hypophthalmus*) cocinado en agua hirviendo, mientras que en la muestra frita incrementaron significativamente un 23%. De lo anterior se podría deducir que los AGMI incrementan sustancialmente en la fritura, pero en un estudio de Yanar et al. (2007) descubrieron que se redujeron en la lubina (*Dicentrarchus labrax*) frita, e incrementaron en la horneada. Mientras que en el bonito (*Sarda sarda bloch 1793*), Turan & Kocatepe, (2014) encontraron reducción tanto en la muestra frita como en la horneada, de 10 y 19% respectivamente.

Los resultados no muestran un patrón definido de la variación de AGMI en las muestras fritas, además de la matriz cárnica, depende del tipo de aceite con el que se realizó la fritura. En las muestras hervidas se observó un comportamiento similar donde los parámetros de los tratamientos y la matriz cárnica influirán determinadamente en la cantidad de AGMI final. Y se puede observar dicho comportamiento en estudios de Dhanapal et al. (2012), donde reportaron que después de exponer la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) a vapor de agua hervida por 5 minutos, la cantidad de AGMI disminuyó 12%. Mientras que los AGMI incrementaron levemente después de cocer con vapor de agua hervida hasta temperatura interna de 80°C en la carpa común (*Cyprinus carpio*) (Fajmonová, et al., 2003).

Candela et al. (1998) sometieron a cocción en agua hasta temperatura interna de 60°C el salmón (*Salmon salar*), caballa (*Scomberomorus commersoni*)

y sardina (*Sardine pilchardus*). Se observó que los AGMI disminuyeron en las tres muestras después del tratamiento térmico. Además, encontraron que los AGMI *trans* disminuyeron mientras que los AGMI *cis* incrementaron. En nuestro estudio el único AGMI *trans* que se encontró fue el ácido vaccénico, que incrementó después del tratamiento térmico, siendo otra diferencia con la bibliografía encontrada.

Se identificaron cuatro AGMI en las muestras del cuy en el presente estudio, el ácido graso oleico, palmitoleico, vaccenico y eicosanoico. El ácido oleico fue el AGMI de mayor presencia y se redujo más en la muestra pasteurizada que en la esterilizada (Tabla 8). Nimish, (2005), encontró resultados similares después de someter la caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y bonito (*Katsuwonus pelamis*) a tratamientos de cocción y esterilización, el ácido oleico disminuyó significativamente en la caballa, se redujo levemente en el bonito sometido a cocción e incrementó en la esterilización.

Ghazala, et al., (1996) también encontraron que el ácido oleico disminuyó, después de pasteurizar carne de foca a 85°C/30 min y 100°C/25 min. Dhanapal, et al., (2012) encontraron que también se redujo en la tilapia después de someterla a vapor de agua. Sin embargo, Aubourg, et al., (1990) encontraron que después de esterilizar a 115°/60 min atún blanco, el ácido oleico aumentó.

Los resultados del ácido oleico expresado en mg/100g del presente estudio se encuentran en la Tabla 9. A diferencia de los resultados expresados en porcentaje de ácidos grasos (Tabla 8) donde el ácido oleico disminuye. En los expresados en mg/100 g sucede lo contrario, esto es debido a que el efecto del tratamiento térmico incrementó el contenido de grasa total en la muestra pasteurizada y esterilizada respecto a la muestra cruda (Tabla 4), por lo que es evidente que se incremente los mg/100g de muestra.

Siendo así, se observó un incremento de ácido oleico de 10% en la muestra pasteurizada y 13% en la esterilizada (Tabla 9). Gladyshev et al. (2007) encontraron resultados similares después de tratamientos de cocción de 80-90°C/10-15 min, el ácido oleico incrementó en el lenguado (*Lepidopsetta bilineata*), bacalao (*Gadus morhua maris-albi*), trucha común (*Salmo trutta*) de Noruega y de Siberia, 45, 29, 0.3 y 27% respectivamente. Y bajo los mismos tratamientos Gladyshev et al. (2006), encontraron que el ácido oleico en el salmón jorobado (*Oncorhynchus gorbuscha*) hervido aumentó 6%.

En el estudio de Gladyshev et al. (2007) se observa que incluso en la misma especie de trucha y bajo el mismo tratamiento, el contenido final de ácido oleico difiere notablemente entre la trucha de Noruega y la trucha de Siberia.

En investigaciones donde sometieron a diferentes pescados a tratamientos térmicos, el ácido oleico se redujo (Dhanapal, et al., 2012; Turan y Kocapete, 2014; Nimish, 2005, Ghazala, et al., 1996). Sin embargo, en otras investigaciones, incrementa dependiendo del tipo de procesamiento, Yanar et al. (2007) sometieron la lubina a fritura y el ácido oleico incrementó. Fajmonová, et al., (2003) encontraron que después de someter a vapor de agua la carpa común (*Cyprinus carpio*), también incrementó el ácido oleico.

Por otra parte, el segundo AGMI de mayor presencia en nuestro estudio es el ácido vaccénico. En la Tabla 9, se observó que la muestra pasteurizada y esterilizada presentó un incremento significativo de 16% y 24% respectivamente. Gladyshev et al. (2006) encontró un incremento de 11% en el salmón hervido, y reducción de 38% en la muestra frita.

Gladyshev et al. (2007) encontró resultados diferentes a Gladyshev et al. (2006) y diferentes al presente estudio, en muestras hervidas de trucha de Noruega y lenguado, el ácido vaccénico disminuyó en ambos pescados, mientras que incrementó en la trucha de Siberia. En las muestras de lenguado y trucha de

Noruega fritas, el ácido vaccénico se redujo en ambos casos. Dhanapal (2012), también encontró que el ácido vaccénico en la tilapia sometida a vapor de agua se redujo 2%. Por lo que el contenido de ácido vaccénico dependerá de la matriz cárnica, donde Gladyshev et al. (2006) y Gladyshev et al. (2007) aplicaron los mismos tratamientos, sin embargo, el contenido de ácido vaccénico incrementó en el salmón y la trucha de Siberia hervida, pero se redujo en la trucha de Noruega y lenguado hervido.

El ácido palmitoleico que es el tercer AGMI de mayor presencia en el cuy, aumentó significativamente de 0.81% en la muestra cruda a 1.04% en la muestra esterilizada (Tabla 8). El resultado difiere con la bibliografía, donde el ácido palmitoleico disminuye en pescados y productos marinos sometidos a tratamiento térmico (Fajmonová, et al., 2003; Candela, et al., 1998; Nimish, 2005; Dhanapal, et al., 2012 y Turan & Kocatepe, 2014).

El ácido eicosanoico, el de menor presencia, se redujo sin diferencia significativa después de ambos tratamientos, junto al ácido oleico fueron los únicos AGMI que disminuyeron después del tratamiento (Tabla 8). La bibliografía consultada muestra que autores como Dhanapal et al. (2012) y Turan & Kocatepe (2014), también encontraron que el ácido eicosanoico disminuyó, a diferencia de otros autores como Gladyshev et al. (2006) y Fajmonová et al. (2003) que encontraron un incremento.

Hay estudios que determinan la diferencia de resultados según el origen de la matriz. Tratamientos térmicos bajo los mismos parámetros muestran resultados que se comparan y diferencian entre ellos. Gladyshev et al. (2007), Gladyshev et al. (2006) y Nimish (2005) observan que la variación del ácido oleico, vaccénico, eicosanoico y palmitoleico se manifiesta de forma particular para cada matriz cárnica. Incluso en el estudio de Gladyshev et al. (2007), donde analiza truchas de la misma especie, pero pescadas en distintos lugares como Noruega y Siberia presentan un perfil de ácidos grasos distinto después de cada

tratamiento térmico. Siendo determinante el medio ambiente en aspectos como: dieta, temperatura de crianza, ejercicio físico entre otros.

5.5.3 Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)

La Tabla 8 muestra que el tratamiento térmico concentró la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en la muestra pasteurizada (43.33%) y se redujo en la esterilizada (42.42%), se encontró diferencia significativa en los tres tratamientos.

Guevara (2009) reportó en el cuy un contenido de 42.88% de AGPI, valor similar a lo encontrado en el presente estudio. Su composición puede deberse a diversos factores, entre ellos la raza del cuy, alimentación, sexo y estado del animal. El cuy utilizado por el estudio de Guevara fue del mismo fenotipo que el utilizado en este estudio. Kouakou et al. (2013) reportaron una concentración de AGPI de 51.11%. Fu & Sinclair (2000) reportaron 35.3% de AGPI en la carcasa de cuy. Huamaní (2015) reportó que cuyes alimentados únicamente de alfalfa presentaron 55.3% de AGPI, y cuyes alimentados solo de alimento balanceado reportaron 49.9%.

En el presente estudio se encontraron seis AGPI en el cuy (Tabla 8), según jerarquía el de mayor presencia fue el ácido linoleico, seguido del α -Linolénico, eicosatrienoico, eicosadienoico, clupadonico y docosahexaenoico. En investigaciones se encontraron resultados similares, que dependiendo de la alimentación del animal variará el perfil ácido grasos, así como la presencia de algunos ácidos importantes como el ácido docosahexaenoico presente en nuestro estudio y en otras investigaciones en el cuy (Fu & Sinclair, 2000; Kuokou, et al., 2013). Al igual que en nuestro estudio se encontró que el ácido linoleico es el principal AGPI seguido del α -linolénico (Fu & Sinclair, 2000; Toro, et al., 2015; Guevara, 2009). Huamaní (2015) encontró que en cuyes alimentados con dietas balanceadas el ácido linoleico era el principal AGPI y el siguiente en jerarquía es el γ -linolenico, seguido del α -linolénico, sin embargo, en dietas de solamente

alfalfa el principal AGPI fue el ácido linoleico seguido de α -linolénico y γ -linolenico, por lo que la alimentación influye directamente en el perfil de AGPI. De igual modo, Ordoñez (2013) afirma que probablemente nunca se conozcan valores precisos del contenido de ácidos grasos por la cantidad de variables que determinan su contenido.

Después del tratamiento de pasteurización y esterilización se observó que el ácido linoleico se redujo más en la muestra esterilizada que en la pasteurizada, mientras que el α -linolénico incrementó en ambos tratamientos, el ácido eicosatrienoico se redujo en la pasteurizada e incrementó en la esterilizada, el eicosadienoico y clupadónico incrementaron en ambos tratamientos y el docosahexaenoico se redujo en la muestra pasteurizada e incrementó en la esterilizada.

Fennema (1992) afirma que los ácidos grasos saturados son más estables que los insaturados y en el presente estudio se observó que los AGS incrementaron después de ambos tratamientos mientras que los insaturados se mostraron más sensibles. Los AGMI sufrieron una reducción en ambos tratamientos y los AGPI se redujeron en la muestra esterilizada, y curiosamente incrementaron en la pasteurizada. En estudios donde someten pescados a cocción los AGPI también incrementan, sin embargo, la especie, alimentación, lugar y temporada de pesca entre otros afecta a la variación de ácidos grasos por el efecto térmico (Domiszewski, et al., 2011; Dhanapal, et al., 2012). Aubourg et al. (1990) encontraron que los AGPI incrementaron después de esterilizar a 115°/60 min atún blanco (*Thunnus alalunga*) la muestra cruda presentó 33.5% de AGPI y la esterilizada presentó 45.6%.

Nimish (2005) sometió caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y bonito (*Katsuwonus pelamis*) a procesos de cocción y esterilización, y los AGPI incrementaron en ambos pescados y en ambos tratamientos. Estudios de Ghazala et al. (1996) mostraron que los AGPI también incrementaron en carne

de foca (*Phoca groenlandica*) pasteurizada a 85°C/30 min, pero se redujeron al aumentar la temperatura a 100°C/25 min, y se observó que la menor reducción de AGPI se presentó en el tratamiento de menor temperatura (65°C/105 min). En la muestra pasteurizada de nuestro estudio (Tabla 8) ocurrió un comportamiento similar debido a que incrementaron los AGPI después de aplicar una temperatura de pasteurización y se redujeron en la temperatura más intensa de esterilización.

El contenido de AGPI en la muestra pasteurizada y esterilizada expresado en mg/100g (Tabla 9), incrementaron 17 y 15% respectivamente. Gladyshev et al. (2006) reportaron un incremento de 27% después de exponer el salmón jorobado (*Oncorhynchus gorbuscha*) a temperaturas de cocción (80-90°C/10-15 min), la muestra cruda de salmón presentó 2171 mg/100g y la muestra cocida presentó 2762 mg/100g. Mientras que en la muestra cruda del cuy se encontró 1834 mg/100g AGPI, que después de los tratamientos térmicos incrementaron a 2154 y 2109 mg/100g en la muestra pasteurizada y esterilizada respectivamente. El salmón es una fuente tradicional importante de AGPI y solo supera al cuy comparando sus matrices crudas en 337 mg /100g.

La disminución sutil del contenido de AGPI entre la muestra pasteurizada y esterilizada en las muestras de cuy puede deberse a que los AGPI fueron afectados por la temperatura de esterilización, que es más intensa. Tal hipótesis puede argumentarse con lo siguiente: después del tratamiento térmico, el porcentaje de grasa total pasteurizada y esterilizada expresado en la tabla 4 no sufrió cambios. En el caso de que el porcentaje total de la materia grasa hubiera disminuido en la esterilización más que en la pasteurización podría ser un motivo de que también hayan disminuido los AGPI, pero no fue así, por lo que la disminución de los AGPI puede deberse al efecto de la temperatura que siendo más intensa redujo los AGPI.

Al referirnos a las diferencias entre la muestra cruda y esterilizada, a pesar de que en la Tabla 8 se observa que el porcentaje de AGPI en la muestra

esterilizada disminuyó, el contenido expresado en mg/100g incrementó (Tabla 9), puede atribuirse al incremento del porcentaje de grasa (Tabla 4), que originó pérdida de peso y concentración de los elementos que sufrieron las muestras después de ambos tratamientos térmicos, haciendo que en 100g de muestra exista mayor concentración de elementos, en este caso, AGPI. Y es evidente que al incrementar el porcentaje de grasa de 4.48% a 5.18% también incremente el porcentaje de AGPI. Existió diferencia significativa en los tres tratamientos expresados en la Tabla 9.

La cantidad de omea-3 y omega-6 se observa en la Tabla 10. Los valores son similares a lo encontrado por Guevara (2009), quien reporto 5.45% de omega-3 y 36.42% de omega-6 en el cuy. Diferentes autores (Kouakou, et. al 2013; Fu y Sinclair, 2000; Guevara, 2009; Huamaní, 2015) recalcan la importancia en la alimentación del cuy para la composición final del perfil de ácidos grasos.

En la consulta bibliográfica se observó que en muchos estudios incluyendo este, se reportaron mayor cantidad de omega-6 que omega-3 en el cuy. Fu & Sinclair, (2000) reportaron 8.2% de omega-3 y 27.1% de omega-6 en cuyes alimentados con mayor cantidad de ácido α -linolenico en la dieta. Huamaní (2015) reportó 9.2% de omega-3 y 40.7% de omega-6 en el cuy. Kouakou et al. (2013) encontró que cuyes alimentados con *Panicum maximum* presentan 28.19% de omega-3 y 22.90% de omega-6. Se observa que la composición de AGPI en la carne de cuy se manifiesta mayor cantidad de omega-6 que de omega-3. El conejo presenta una composición similar, la cantidad de omega-3 es 3.17% y de omega-6 es 34.26% (Ramírez, 2004), en nuestro estudio, el cuy presentó mayor cantidad de ambos ácidos grasos que el conejo.

En la Tabla 10 se observa en la muestra de pasteurización y esterilización, el contenido de omega-3 incrementó, y el de omega-6 disminuyó por efecto de ambos tratamientos. Además, se observó que a medida que se incrementó más

la temperatura, incrementó más el omega-3, y se redujo más el omega-6. Es decir que en la esterilización se presentaron las cantidades máximas de omega-3 y mínimas de omega-6. Se observó un comportamiento similar donde el omega-3 incrementó y el omega-6 disminuyó en el pez rayado (*Pangasius hypophthalmus*) sometido a cocción en agua. Y en el bonito (*Sarda sarda bloch 1793*) sometido a horneado, cocinado en parrilla y cocinado en carbón (Domiszewski, et al., 2011; Turan & Kocatepe, 2014). Por otra parte, existen investigaciones donde no se observa este efecto, y en diferentes especies de caballa (*Rastrelliger kanagurta*) y (*Scomberomorus commersonii*), expuestas a temperaturas de esterilización se redujo el omega-3 e incrementó el omega-6 (Nimish, 2005).

En la Tabla 10 se presentó diferencia significativa en la variación de omega-3 y omega-6 después de los tratamientos térmicos respecto a la muestra cruda, pero no se presentó diferencia significativa entre el tratamiento de esterilización y pasteurización.

En la Tabla 11 se observan los resultados expresados en mg/100g de muestra. El omega-3 aumentó 28% en la muestra pasteurizada y 30% en la esterilizada. Y el omega-6 aumentó 15% en la muestra pasteurizada y 12% en la esterilizada. A pesar de que en la Tabla 10 se observa una disminución de omega-6 expresado en porcentaje, al expresar el resultado en mg/100g de muestra, incrementan los mg debido a que la grasa total (Tabla 4) incrementó después de los tratamientos.

Gladyshev, et al., (2006) encontraron que después de temperaturas de cocción (80-90°C/10-15 min) el omega-3 y 6 incrementaron 26 y 33% respectivamente. Además, informó que a diferencia del cuy donde predominan los omega-6, en el salmón crudo el que predomina es el omega-3. La muestra de cuy cruda presentó 292.5 mg/100g de omega-3, el salmón crudo presentó 2045 mg/100g, la muestra de cuy cruda presentó 1546 mg/100g de omega-6, el salmón crudo presentó 1260 mg/100g. Así mismo Gladyshev, et al., (2007) bajo la misma

temperatura sometió a cocción Trucha común (*Salmo trutta*) y los omega-3 y omega-6 incrementaron.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010) recomienda mantener una dieta de omega-3 *cis* entre 1.5 - 2.6 g/día para adultos y 1.1-2.1 g/día para niños. Y de omega-6 *cis* estableció una ingesta adecuada para adultos de entre 19 y 50 años de 17 g/día para hombres y 14 g/día para mujeres. La carne de cuy es una fuente importante de este requerimiento dietético, además se debe tener en cuenta los otros alimentos que se ingerirán en todo el día.

La relación omega-3/omega-6 (n-3/n-6) es muy importante en la dieta humana, por ser el factor clave para la síntesis de los eicosanoides equilibrados en el organismo y la lucha en la absorción del cuerpo donde se disputan por las mismas enzimas, elongasa y desaturasa. Aunque no se haya establecido una relación óptima en la dieta de ambos ácidos la FAO sostiene un mejor consumo, por el aprovechamiento de ambos componentes en una relación diaria de omega-3/omega-6 de 1:5 o 0.2. La mayoría de dietas estadounidenses presentan más omega-6 que omega-3, que compiten entre ellas perjudicando su absorción (FAO, 2012).

En el presente estudio se reportó (Tabla 10) que el ratio n-3/n-6 incrementó significativamente en cuanto aumentó la temperatura y tiempo. El incremento va de 0.19 a 0.21 y 0.22 para la muestra cruda, pasteurizada y esterilizada respectivamente. Los tres tratamientos cumplen con el objetivo nutricional aconsejado por la FAO que es de 0.2, principalmente la muestra pasteurizada que tiene 0.01 más de lo recomendado mientras la cruda tiene 0.01 menos y según Gladyshev et al. (2006) es mejor que se exceda en el suministro debido a que la mayoría de dietas especialmente las occidentales tienen una relación n-3/n-6 sustancialmente menor a lo necesario. El exceso de omega-6 genera dificultades y diferentes enfermedades, como problemas cardiovasculares, inflamación, osteoporosis. Mientras que el aumento excesivo de omega-3 sobre

omega-6 induce a la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL), interfiere con la agregación plaquetaria e interfiere en la incorporación plaquetaria de los ácidos grasos esenciales en los fosfolípidos de la membrana celular (Simopoulos, 2006).

Los datos obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango de los resultados obtenidos por Guevara (2009), que reportó 0.14 en la relación n-3/n-6 en carne de cuy cruda. Huamaní (2015) reportó 0.22 y Kouakou et al. (2013) reportó 1.23. Fu & Sinclair, (2000) observaron que cuyes alimentados con mayor porcentaje de ALA presentan una relación mayor y cuyes alimentados con menor porcentaje de ALA presentaron una relación menor, 0.3 y 0.13 respectivamente.

En cuanto a los efectos del tratamiento térmico sobre la relación n-3/n-6 en otras investigaciones se encontró que en el salmón jorobado disminuyó de 16.2 a 2.2 cuando se fríe y a 15.9 cuando es cocido en agua (Gladyshev et al. 2006). Resultado similar al obtenido por Su & Rabb, (2007) donde las vieiras australianas frescas (*Pecten fumatus*) aumentaron después de cocción en agua, pero se redujeron después de la fritura en mucho aceite y también se redujeron después de la fritura en poco aceite, pero en menor cantidad.

En algunos casos se observa una reducción de la relación n-3/n-6 debido a la transferencia de elementos entre el aceite y la muestra, en las muestras hervidas al igual que en nuestro estudio no se presentan cambios tan notorios por el mismo hecho de que no existe transferencia de materia por contacto directo, se reafirma la suposición después de observar que las vieiras australianas fritas en mucho aceite mostraron menor contenido de n-3/n-6 que las vieiras fritas en poco aceite.

Candela et al. (1998) después de someter a cocción tres pescados hasta temperaturas internas de 65°C encontraron grandes disminuciones de n-3/n-6 en todas las muestras. Otros estudios donde someten a cocción a 80-95°C/10-15

min y fríen a 150-170°C/15-20 min cuatro especies de pescado, la trucha de Noruega y trucha de Serbia, arenque, lenguado y bacalao. Se encontró que, la trucha noruega cruda (4.81) después de haber sido hervida y frita tuvo una variación n-3/n-6 de 4.26 y 5.24 respectivamente. Mientras que la trucha de Serbia cruda (7.82), después de haber sido hervida y frita presentó 5.88 y 4.86 respectivamente, el arenque crudo (19.7), después de haber sido hervido y frito presentó 21.1 y 9.39 respectivamente, el lenguado crudo (9.97), después de hervido y frito presentó 7.92 y 1.87 respectivamente y el bacalao crudo (43.7) después de ser hervido presentó 41.3. en la mayoría de casos la fritura reduce la relación n-3/n-6 siendo la transferencia de materia el causante principal antes que la misma temperatura (Gladyshev et al. 2007) sin embargo Nimish, (2015) encontró que la relación n-3/n-6 se redujo en la muestra expuesta a cocción con agua y esterilización.

Los datos muestran que el cuy mantiene sus propiedades como fuente alimentaria en la relación n-3/n-6 después de ser procesada térmicamente, si bien es cierto, sí existe diferencia significativa en comparación a los tratamientos térmicos en otros estudios (Gladyshev, et al., 2006; Su, y Babb, 2007; Candela, et al., 1998 y Gladyshev, et al., 2007) se observa que dependiendo de la matriz alimentaria y medio en el que fue tratado, la relación n-3/n-6 varía considerablemente, siendo el tipo de procesamiento térmico, líquido de cubierta o el tratamiento de la muestra, un factor directo e importante, es decir que hacerlo en bolsas de polietileno de alta densidad apta para tratamientos térmicos afectó significativamente la relación n-3/n-6 sobre carne de cuy, pero se cumple con lo recomendado por la FAO, (2012), después de los tratamientos se concentró aún más la relación, por tanto favorece en la dieta.

El ácido α -linolénico (ALA) es un ácido graso que forma la familia de los omega-3. Es el segundo AGPI de mayor predominancia en todas las muestras del cuy, mientras que el ácido linoleico (AL), de la familia de los omega-6, no solo es el AGPI de mayor predominancia sino el de mayor predominancia entre todos

los ácidos grasos saturados e insaturados en la carcasa de cuy. Huamaní (2015), Guevara, (2009), Fu & Sinclair (2000) también observaron que AL es el ácido graso de mayor presencia en el cuy. A diferencia de algunos pescados que tiene como ácido predominante al ácido palmítico (Nimish, 2005; Ordoñez, 2013, Domiszewski, et al., 2011).

En varios estudios en pescados y productos marinos (Gladyshev, et al, 2006, Su y Babb, 2007, Candela, Astiasarán y Bello, 1998 y Gladyshev, et al, 2007, Dhanapal, et al 2012, Yanar, 2007), observaron que la presencia de ALA es menor que AL, también se observó presencia mayoritaria de ácido docosahexaenoico (DHA) y docosapentaenoico (DPA). Teniendo en cuenta que los pescados son una gran fuente de AGPI, el cuy no se encontraron cantidades grandes de DHA y DPA, pero si grandes cantidades de ALA que es un precursor del DHA y DPA.

Los humanos podemos sintetizar DHA a partir de ALA en una conversión alrededor de 0.5% (IFFO, 2008). Sanz, et al., (2012) sostienen que se convierte un 0.5% de ALA en DHA. Burdge & Calder, (2005) afirman que la conversión de ALA a DHA en 1% y 9%. No se puede determinar con exactitud cuánto de DHA se convierte en el organismo, dependerá de elementos como sexo, edad y factores genéticos. También se observa una disminución de DHA cuando se aumenta notablemente el consumo de ácido linolénico.

Se encontraron porcentajes similares de ALA y AL en otras muestras de cuy, Guevara, (2009) reportó 36.41% de AL y 5.45% de ALA. Kouakou, et al., (2013) reportó 20.01% de AL y 25.17 de ALA. Fu y Sinclair (2000) suministraron a cuyes dietas de alta concentración de ALA donde reportaron 25.6% (AL) y 7.6% (ALA). La OMS según FAO, (2012) recomienda el valor mínimo de 2.5-3.5% de AL y >0.5% de ALA por día para evitar deficiencias. Mientras que considera un intervalo aceptable y que forma parte de una dieta saludable 2.5-9% de AL y 0.5-2% de ALA por día

El contenido de AL presentado en la Tabla 8, muestra que después del tratamiento térmico de esterilización, el porcentaje de AL disminuyó con diferencia significativa respecto a la muestra cruda. Pero al comparar la muestra cruda con la pasteurizada no se ven diferencias significativas.

AL es el único ácido graso poliinsaturado que se redujo por el tratamiento térmico. ALA sin embargo, presentó un aumento significativo. ALA incrementó de 4.93% en la muestra cruda a 5.59% en la pasteurizada y se redujo a 5.17% en la esterilizada debido probablemente al tratamiento térmico de mayor intensidad.

La Tabla 9 muestra la variación de ALA y AL representado en mg/100g. El contenido de ALA en la muestra cruda fue 212 mg/100g. Se observa que incrementó a 277.5 mg/100g en la pasteurizada y 257.5 mg/100g en la esterilizada, que significa un incremento de 31 y 21% respectivamente. El contenido de AL incrementó de 1526.5 mg/100g en la muestra cruda a 1755 mg/100g en la pasteurizada y 1704 mg/100g en la esterilizada. Que significa un incremento de 15 y 12% respectivamente. Se observa un incremento mayor de ALA que AL, que influirá en la variación del omega-3 y omega-6 debido a que son componentes principales de estos. Ghazala observa un comportamiento donde AL es más estable que ALA después de los tratamientos térmicos de pasteurización de carne de foca. ALA incrementa y AL se reduce.

Toro, Ancco, y Ramos, (2015) encontraron que el contenido de ALA y AL en el cuy crudo es 241 y 498 mg/100g respectivamente. Después de someterlo a fritura por 160°C/8 min, ALA y AL incrementaron a 2739 y 3154 mg/100g respectivamente, sin embargo, después de la fritura del cuy con el mismo aceite, pero a una temperatura mayor (170°C/8 min) ALA y AL incrementaron a 509 y 1048 mg/100g respectivamente. Se observa que ALA y AL incrementaron notablemente menos cuando se aumentó la temperatura de fritura, y se deduce que la temperatura influye directamente sobre el contenido de ácidos grasos.

Gladyshev et al. (2006) estudió el efecto de los ácidos grasos en el salmón jorobado después de tratamientos de fritura (150-170°C/15-20 min), y cocción (80-90°C/10-15 min), en ambos casos la concentración de ALA y AL aumentó significativamente. Se puede ver un efecto parecido en vieiras australianas (*Pecten fumatus*) después de ser sometidas a vapor de agua donde AL se aumentó significativamente de 9.4 a 13.6 mg/100g y ALA aumentó de 6.1 a 10.2 mg/100g (Su & Babb, 2007). Yanar et al. (2007) también observaron incremento de ALA y AL después hornear lubina (*Dicentrarchus labrax*). Dhanapal et al. (2010) observaron incremento en la tilapia después de someterla a vapor de agua por 5 minutos, ALA incrementó de 2.41% a 2.46% y AL de 9.23% a 11.02%

Después del tratamiento térmico existe un incremento en la cantidad de ALA y AL. En muchos casos se observa que la fritura es causante de la mayor variación en la composición, pero tratamientos como cocción en agua, horneado y calentado en microondas muestran comportamientos similares. Se reportó una mayor cantidad de ALA y AL en la carcasa de cuy que en el salmón jorobado, en las vieiras australianas, en la trucha, en el lenguado, bacalao, camarón, caballa, entre otros (Gladyshev, et al., 2007; Gladyshev, et al., 2006; Su y Babb, 2007; Yanar, 2007; Dhanapal, et al., 2010; Nimish, 2005).

En el presente estudio también se observó que, a mayor temperatura, mayor concentración de elementos debido a la pérdida de peso final, que incrementa la cantidad de grasa total y producto de ello aumenta ALA y AL en la pasteurización (Tabla 8), pero disminuye a temperaturas más elevadas como la de esterilización; el efecto de la temperatura elevada y el tiempo prolongado de exposición, son factores que colaboran con la autooxidación de los lípidos y los ácidos insaturados más sensibles a la autooxidación (Badui, 2013; Fennema, 1992).

El DHA es un ácido graso importante en el cuerpo humano, se sabe que el 25% de la grasa total en el cerebro está compuesta por DHA mejorando el desarrollo cognitivo y cerebral (IFFO, 2008), además que previene enfermedades coronarias entre otras (Coronado, et al, 2006; FAO, 2012). La Tabla 8 presenta el incremento de DHA después del tratamiento térmico. La muestra cruda presentó 0.135%, la muestra pasteurizada presentó 0.130% y la esterilizada presentó 0.145%. Guevara (2009) reportó 0.73% y Kouakou et al. (2013) 0.72% de DHA en el cuy.

Fu & Sinclair, (2000) reportaron 23 mg/100g de DHA en el cerebro de cuy. Las deposiciones de ácido graso no son homogéneas en todo el organismo, pues depende del tejido de donde es examinado, también reportaron 43 mg/100g de DHA en la carcasa entera de cuy mientras que, en la piel, hígado, tejido adiposo, riñón, estómago y corazón reportaron 7, 5, 9, 1, 2 y 1 mg/100g respectivamente.

Comparado con otras partes del cuerpo el contenido de DHA en este estudio varía con el reportado por Fu & Sinclair, porque no se usó la cabeza y las dietas administradas a los cuyes de Fu y Sinclair fueron objetivamente para enriquecerlas con altas dosis de ALA. La muestra cruda de nuestro estudio presentó 5.8 mg/100g, y fue en aumento a medida que la temperatura fue mayor, la muestra pasteurizada presentó 6.50 mg/100g y la esterilizada presentó 7.25 mg/100g. En el presente estudio se observó diferencia significativa de DHA en todos los tratamientos (Tabla 9).

Autores como Domiszewski, et al., (2011), Gladyshev, et al. (2007) y Fajmonová, et al., (2003), no observaron cambios significativos de DHA después de tratamientos térmicos de cocción y fritura, salvo en algunas especies de pescados como la trucha frita, estas discrepancias pueden deberse al método de tratamiento térmico o procesamiento de la muestra, sin embargo, Candela et al. (1998) afirma que la especie del animal influye en el efecto del tratamiento térmico sobre el DHA, lo demostró sometiendo bajo los mismo parámetros de

fritura y cocción, la sardina, caballa y salmón. Encontró que el DHA en la sardina y caballa disminuyeron significativamente, pero aumentó en el salmón cocido y disminuyó en el frito. Yanar et al. (2007) observó una disminución significativa de DHA en la lubina cruda después de ser frita, de 11.59% a 2.25%, Turan & Kocatepe (2014) reportaron un incremento significativo de 23% de DHA en el bonito (*Sarda sarda bloch 1793*) después de ser horneado a 200°C, y una reducción significativa de 8% después de ser frito.

En la tabla 8 no se observa diferencia significativa en el ácido eicosadienoico ni en el ácido clupanodónico. El ácido eicosatrienoico presentó diferencia significativa en la muestra esterilizada respecto a la pasteurizada y cruda. Dhanapal et al. (2010) también encontraron que el ácido eicosadienoico se redujo y el ácido eicosatrienoico incrementó después de tratamientos térmicos,

En la Tabla 9 se observa un comportamiento similar que en la Tabla 8 con la diferencia que en el ácido eicosadienoico si se encontraron diferencia significativa en la muestra cruda respecto a las dos muestras tratadas térmicamente.

El ácido eicosadienoico es de la familia omega-6 y el eicosatrienoico es de la familia omega-3. Se obtuvo mayor cantidad de omega-3 y menor cantidad de omega-6 en la muestra esterilizada. Fue debido a que todos de ácidos grasos (excepto ALA) de la familia omega-3 en la esterilización incrementaron más que en la pasteurización. Y los ácidos grasos de la familia omega-6 incrementaron más en la pasteurización que en la esterilización.

Se observa que hubo presencia de ácido clupanodónico también llamado ácido docosapentaenoico n-3 o DPA n-3. Ácido graso importante en el organismo, un producto intermedio entre el (eicosapentaenoico) EPA y (docosahexaenoico) DHA, que es 10 veces más efectivo que EPA en la

capacidad de migración de células endoteliales, útil para la curación de heridas, en ratones redujo la sintasa de ácido graso y los niveles de actividad de la enzima málica, también mejoro la disminución de aprendizaje espacial por la edad (Kaur, Cameron-Smith, Garg, & Sinclair, 2011). Incrementó a medida que la temperatura fue mayor, el contenido de la muestra esterilizada fue de 22.5 mg/100g, Kuokou encontró 1490 mg/100 g en cuyes alimentados con pasto (*Panicum*), Gladyshev, et al., (2006); Gladyshev et al. (2007); y Dhanapal et al. (2010), también encontraron un incremento de ácido clupadonico después de someter a tratamiento térmico diferentes pescados, Domiszewski et al. (2011) no encontró diferencias y Fajmonová et al. (2003) y Candela et al. (1998), encontraron que se redujo en la carpa común, el salmón la caballa y sardina tratados térmicamente.

5.6 Análisis microbiológicos

Después de los tratamientos térmicos la carga microbiana se redujo considerablemente (Tabla 12), sin embargo, no se asegura que la muestra pasteurizada pueda estar libre de una contaminación posterior si se almacena en condiciones desfavorables, si bien es cierto se eliminó gran parte de células vegetativas, aún quedan esporas que únicamente se eliminan por esterilización. En la muestra esterilizada no podría existir contaminación después del tratamiento térmico debido a que las bolsas están selladas y el único factor contaminante sería un desgarro o manipulación deficiente post tratamiento.

La muestra pasteurizada sin embargo requiere refrigeración para su conservación. Valencia (2007) afirma que la carcasa de cuy bajo refrigeración a 4°C tratada a 92°C/30 min redujo la cantidad de microorganismos y puede ser conservada por 86 días. Díaz (2009) afirma que carne de salmón tratada a 80°C/43 min eliminó la carga de microorganismos y se pudo almacenar en refrigeración a 2°C por un periodo de 10 semanas. El mismo autor afirma que la carne de cerdo tratada a 70°C por 1.5 horas logra eliminar las enterobacterias.

El recuento de los aerobios mesófilos viables en la carcasa cruda fue 1.4×10^5 ufc/g, se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma técnica peruana 201.058, 2006, (INDECOPI) que establece un valor menor de 10^6 ufc/g para carne de cuy cruda refrigerada. Mientras que la norma NS 071, 2008, art. 8 (MINSa), establece un rango de 5×10^5 a 5×10^7 ufc/g para aerobios mesófilos viables en carne cruda. El efecto del tratamiento térmico redujo considerablemente la cantidad de aerobios mesófilos viables en la pasteurización y los eliminó totalmente en la esterilización. Nyati (2000) procesó 19 platos a temperaturas de 68°-85°C donde la mayoría presentó <10 ufc/g de aerobios mesófilos viables. Díaz, (2009) después de exponer lomo de cerdo a 70°C por 12 horas reportó ausencia de microorganismos.

En cuanto a los mohos y levaduras, la muestra cruda está por debajo de lo establecido por la norma técnica peruana NS 071, 2008, art. 8 (MINSa). No se encontró presencia de colonias en la muestra pasteurizada y esterilizada. Rajkumar, (2010) reportó 2×10 ufc/g de moho y levadura en carne de cabra cruda, un valor menor al encontrado en la carne de cuy cruda (Tabla 12) del presente estudio, probablemente debido al mayor cuidado en sus prácticas de faenado. Rajkumar esterilizó 250 g de carne de cabra en bolsas a 121°C por 22 minutos y no se encontró presencia de moho o levaduras. Los mohos crecen notablemente en el pan, harinas y vegetales, se hizo el análisis de moho debido a que es un indicador del manejo y brinda información si el tratamiento tuvo efecto sobre estos microorganismos.

No se encontraron Coliformes totales después del tratamiento térmico de pasteurización y esterilización. Lo que indicaría prácticas de higiene eficientes en la aplicación del tratamiento térmico. La carne cruda excedió los valores impuestos por la norma 201.058, 2006, (INDECOPI) que sugieren un valor menor de 10^2 ufc/g, pero muestra estar dentro del rango del artículo 156 tris del Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2004) definido como producto cárnico aceptable

si se encuentra dentro de un rango entre 10^2 y 5×10^2 , la muestra cruda presentó 3.9×10^4 ufc/g. Se reportó ausencia de salmonella spp. en todas las muestras.

CONCLUSIONES

1. El contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados incrementaron con diferencia significativa por el efecto de los tratamientos de pasteurización y esterilización. En el tratamiento de pasteurización los ácidos saturados fueron menores y los poliinsaturados mayores, además, la relación omega-3/omega-6 fue 0.21. El ácido graso predominante en el cuy en las tres muestras fue el ácido linoleico, seguido del ácido palmítico y oleico. Los ácidos docosahexaenoico y clupanodónico, fueron mayores en la muestra esterilizada en comparación al resto de muestras.
2. El contenido de proteínas incrementó más en la muestra pasteurizada que en la esterilizada. El contenido de grasa aumentó después de ambos tratamientos térmicos, pero no presentó diferencia significativa entre la muestra pasteurizada y esterilizada. El porcentaje de humedad se redujo con a medida que se incrementó la temperatura, y las cenizas se redujeron en la muestra pasteurizada y esterilizada. El pH incrementó por el efecto de los tratamientos térmicos, pero con mayor intensidad después del tratamiento de pasteurizado.
3. La muestra pasteurizada es la que mayor oxidación lipídica presentó.

4. En la medición de color, las muestras presentaron un tono más blanco en la pasteurización que en la esterilización, por efecto de los tratamientos térmicos la pata y brazuelo perdieron intensidad rojiza mientras que el pellejo ganó intensidad rojiza.
5. El efecto del tratamiento de pasteurización y esterilización aseguró la calidad microbiológica sobre el cuy.
6. En base a los resultados obtenidos la muestra pasteurizada presenta las mejores condiciones en función al contenido de ácidos grasos para una respuesta comercial enfocada en la información nutricional, sin embargo, la muestra esterilizada presenta otros beneficios singulares enfocados en la durabilidad del producto.

RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas con diferentes tiempos y temperaturas para obtener más información acerca del perfil de degradación.
2. Realizar estudios de vida útil sensorial y microbiológico en muestras pasteurizadas y esterilizadas.
3. Ampliar investigaciones sobre los efectos en la mejora de procesos productivos con ayuda de tratamientos térmicos en la línea de producción y beneficiado del cuy, y cómo influye en la distribución y el comercio en el mercado nacional e internacional.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

- Ara, S. (2014). Guía de laboratorio. Facultad de ingeniería y Arquitectura, USMP. Perú.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos*. 5a edición. México: Pearson Educación
- Fennema, O. (1992). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Gil, A. (2005). *Tratado de nutrición*. Tomo 1. Madrid, España. Editorial Medica Panamericana.
- Gunstone, F., Harwood, J. & Padley, F. (1999). *The Lipid Handbook*. 2nd Edition. London, UK: Chapman and Hall.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]. (2006). Carne y productos cárnicos: Definiciones, clasificación y requisitos de las carcasas y carne de cuy (*Cavia porcellus*). [Norma 201.058].
- Instituto Tecnológico de la Producción [ITP]. (2003) Manual de Ensayos del Laboratorio Físico Químico. LABS-ITP-FQ-002-98.
- Instituto Tecnológico de la Producción [ITP]. (2009) Manual de Ensayos del Laboratorio Físico Químico. LABS-ITP-FQ-001.

Instituto Tecnológico de la Producción [ITP]. (2009) Manual de Ensayos del Laboratorio Físico Químico. LABS-ITP-FQ-003.

Internet:

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica [ANMAT]. (2004). Guía de interpretación de resultados microbiológicos de alimentos. Recuperado el 13 de mayo del 2019 de: http://www.anmat.gov.ar/Alimentos/Guia_de_interpretacion_resultados_microbiologicos.pdf.

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica [ANMAT]. (2011). Análisis microbiológico de los alimentos. Recuperado el 3 de septiembre del 2019 de: http://www.anmat.gov.ar/renaloea/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_I.pdf.

Andersen, K. & Kuhn, K. (productores), Andersen, K. & Kuhn, K. (directores). (2014). Cowspiracy: the sustainability secret (documental). E.E.U.U, A.U.M. Films/First Spark Media. Recuperado el 14 de diciembre del 2018 de: <https://www.youtube.com/watch?v=d5DJDD4AHAM>.

Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. (1990). Official methods of analysis of International. Volumen 1. 15th Edition. Virginia, EEUU. Recuperado el 10 de marzo del 2019 de: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.

Cabrera, A. (1953). *Los roedores argentinos de la familia cavidae*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía y Veterinaria. 6. Recuperado el 8 de abril del 2019 de: <https://www.sarem.org.ar/wp-content/uploads/2015/08/Cabrera-1953.pdf>.

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B. & Velázquez, O. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2da ed. Facultad de Química, UNAM. México. Recuperado de:

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tecnic-Basicas-Coliformes-en-placa_6528.pdf

- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Food and Agriculture Organization of the United (FAO). Roma, Italia. Recuperado el 10 de noviembre del 2019 de: <http://www.fao.org/3/W6562S/W6562S00.htm>.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., García, B., & Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco 25, 72-79. Recuperado el 01 de enero del 2018 de: http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2006/03/e_AcidosGrasos.pdf.
- Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G. & Plust, D. (2011). Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 10, 359-373. Recuperado el 25 de mayo del 2019 de: https://www.food.actapol.net/pub/7_3_2011.pdf.
- Ecologiablog (30 de enero del 2009). Recuperado el 09 de diciembre del 2017 de: <http://www.ecologiablog.com/post/463/ganaderia-bovina-responsable-del-80-de-la-deforestacion-del-amazonas>.
- El país (15 de julio del 2015). El periódico global. Recuperado el 09 de diciembre del 2017 de: http://politica.elpais.com/politica/2015/07/15/actualidad/1436978368_459636.html.
- Fajmonová, E., Zelenka, J., Komprda, T., Kladroba, D & Sarmanová., I. (2003). Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) fillets. *Czech Journal Animal Science*. 48. 85-92. Recuperado el 09 de junio del 2019 de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.618.2139&rep=rep1&type=pdf>
- Flores, C., Duarte, C. & Salgado, I., (2016). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Revista Ciencia y Agricultura*. 14, 39-45. Recuperado el 10 de noviembre del 2019 de: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1750/1/PPS-501.pdf>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2012). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. Food and Nutrition Paper No. 91. Recuperado el 24 de diciembre del 2018 de: <http://www.fao.org/3/a-i1953s.pdf>.
- Gallo-Garcia, L., Montero, P., Acevedo, D., Tirado, F. y Torres, J., (2015). Caracterización de salchichas elaboradas a partir de materias primas no tradicionales. *Vector*. 10, 26 – 32. Recuperado el 4 de diciembre del 2018 de: http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10_4.pdf
- Higaonna, R., Muscari, J., Chauca, L. y Astete, F (2008). Investigaciones en cuyes. Trabajos presentados a la Asociación Peruana de Producción Animal INIA. Universidad Agraria la Molina y Universidad Peruana Cayetano Heredia Aprodes. Recuperado el 9 de octubre del 2018 de: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/409/3/4-Composici%C3%B3n_qu%C3%ADmica_de_la_carne_de_cuy.pdf.
- International Fishmeal And Fish Oils Organization [IFFO]. (2008). Una guía de los ácidos grasos omega-3 de cadena larga, EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico) en el aceite de pescado. Recuperado de: <http://www.iffco.net/es/system/files/DPSP4.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2019). El cuy genera oportunidades de negocio para familias rurales. Recuperado el 11 de abril 2019, de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/27158-el-cuy-genera-oportunidades-de-negocio-para-familias-rurales>.
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2003). Informe Situacional de la Crianza del Cuy. Perú. Recuperado el 29 octubre 2018, de <http://minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-producci/300-cuyes?start=1>.
- Ministerio de Salud [MINSAL]. (10 de julio del 2019). Norma técnica sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. [Norma 071]. Recuperado de: https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf.

- Pino, E, Serrada, A & Farías, C. (2017). Efecto del proceso de esterilización en conservas de atún al natural. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela. 29, 374-384. Recuperado el 10 de noviembre del 2019 de: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/47160/1/document_47138_1.pdf.
- Sanz, A., Marí, A., García, K. & García, G. (2012). Propuesta de perfil de ácidos grasos omega-3 en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*. 27, 1782-1802. Recuperado de: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/6023.pdf>.
- Universidad Autónoma de México. (2008). Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos. México. pp. 22-24. Recuperado el 3 de diciembre del 2018 de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf.
- Valencia, O. (2007). La optimización del tiempo de precocido de las carcasas crudas de cuy (*cavia porcellus*) y su incidencia en el tiempo de vida útil. Proyecto de tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. Recuperado el 10 de diciembre del 2019 de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3395>.
- Venegas, O y Pérez, D. (2009). Determinación de rancidez en carne. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 19, 60-70.

Tesis:

- Díaz, P. (2009). *Calidad y deterioro de platos "Sous Vide" preparados a base de carne y pescado y almacenados en refrigeración*. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia. España. Recuperado de: <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/11065/DiazMolins.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Guevara, J. (2009). *Enriquecimiento de la carne de cuy con ácidos grasos Omega-3 mediante la suplementación de las dietas de pescado y semillas de Sacha Inchi*. (tesis doctoral). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Guzmán, A. (2011). *Perfil lipídico y contenido de ácidos grasos trans en productos ecuatorianos de mayor consumo*. Tesis de grado. Quito Ecuador. Recuperado

el 5 de mayo del 2019 de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/2000/3721/T-PUCE-3366.pdf?sequence=1>.

Huamaní, G. (2015). Respuesta productiva y perfil de ácidos grasos de carcasa de cuyes (*cavia porcellus*) criados bajo tres sistemas de alimentación. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1867/L51-H83-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Nimish, S. (2005). *Effect of heat processing treatments on omega-3 poliinsaturated fatty acids (PUFAs) in fish*. (Master tesis). Tamilnadu veterinary and animal sciences University, India. Recuperado el 15 de febrero del 2019 de: <http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810041822>.

Ordoñez, L. (2013). *Efectos del Procesamiento en los Ácidos Grasos Omega-3 Durante la Elaboración de Conservas de Desmenuzado de Anchoqueta (Engraulis ringens)*. (Tesis de Magister). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 10 de julio del 2019 de: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3734/1/Ordo%C3%B1ez_rl.pdf.

Ramírez J. (2004). *Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado el 28 de abril de 2019 de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5655/jart1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Revistas:

Ali, A., Sudhir, B. & Srinivasa, T. (2005). Effect of Heat Processing on the Texture Profile of Canned and Retort Pouch Packed Oil Sardine (*Sardinella longiceps*) in Oil Medium. *Journal of food science*. 70. S350-S354. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09990.x#.

- Aubourg, S., Sotelo, C & Gallardo, J. (1990). Changes in Flesh Lipids and Fill Oils of Albacore (*Thunnus alalunga*) during Canning and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 38. 809-812. DOI: 10.1021/jf00093a047.
- Bertola, N., Bevilacqua, A. & Zaritzky, N. (1994). Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*. 18, 31-46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1994.tb00240.x>.
- Bindu, J., Ravishankar, C., & Srinivasa, T. (2007). Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches. *Journal of Food Engineering*. 78. 995–1000. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.040.
- Bligh, E. & Dyer, W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37, 911-917. DOI: 10.1139/o59-099.
- Burdge, G. & Calder, P. (2005). Conversion of α -linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development*, 12, 581-597. DOI: 10.1051 / rnd: 2005047.
- Candela, M., Astiasarán, I., & Bello, J. (1998). La fritura profunda en grasa modifica la fracción de lípidos de pescado con alto contenido de grasa. *Diario de química agrícola y de alimentos*, 46, 2793-2796. DOI: 10.1021 / jf9709616.
- Chouliara, E., Badeka, A., Savvaidis, I. & Kontominas, M. (2007). Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. *Euro Food Research Technology* 226:877–888. DOI: 10.1007/s00217-007-0610-3.
- Connor, W. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 71, 171S-175S. DOI: 10.1093/ajcn/71.1.171S.
- De Caterina, R., Madonna, R., Bertolotto, A. & Berg, E. (2007). n-3 fatty Acids in the Treatment of Diabetic Patients. *Diabetes Care*. 30, 1012-1026. DOI: 10.2337/dc06-1332.

- Delany, J., Windhauser, M., Champagne, C. & Bray, G. (2000). Differential oxidation of individual dietary fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72, 905-911. DOI: 10.1093 / ajcn / 72.4.905.
- Dhanapal, K., Reddy, G, Naik, B, Venkateshwarlu, G, Reddy, A & Basu, S. (2012). Effect of cooking on physical, biochemical, bacteriological characteristics and fatty acid profile of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) fish steaks. *Archives of Applied Science Research*, 4, 1142-1149. ISSN: 0975-508X.
- Erkan, N & Özden, Ö, (2008). Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology*. 43, 1549–1559. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01579.x.
- European Food Safety Authority [EFSA]. (2010). Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *The EFSA Journal*. 8, 1461. DOI: 10.2903/j.efsa.2010.1461.
- Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, A., Glass, C., Merrill Jr., A., Murphy... Dennis, E. (2005). A comprehensive classification system for lipids. *Journal of Lipid Research*. 46, 839-861. DOI: 10.1194 / jlr.E400004-JLR200.
- Fan, Z., Herrick, J., Saltzman, R., Matteis, C., Yudina, A., Nocella, N. Nocella, N., Crawford, E., Parker, R & Van Zee, J. (2017). Measurement of Soil Color: A Comparison Between Smartphone Camera and the Munsell Color Charts. *Soil Science Society of America Journal*, 81(5), 1139. DOI:10.2136/sssaj2017.01.0009.
- Fu, Z & Sinclair, A., (2000) Increased α -Linolenic Acid Intake Increases Tissue α -Linolenic Acid Content and Apparent Oxidation with Little Effect on Tissue Docosahexaenoic Acid in the Guinea Pig. *Lipids*, 35, 395-400. DOI: 10.1007/s11745-000-537-7.
- García, P., Andrés, A. & Martínez, J., (2007). Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*. 80, 813-821. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010.

- Ghazala, S., Aucoin, J. & Alkanani, T., (1996). Pasteurization Effect on Fatty Acid Stability in a Sous Vide Product Containing Seal Meat (*Phoca groenlandica*). *Journal of Food Science*. 61, 520-523. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb13147.x.
- Gladyshev, M., Sushchik, N., Gubanenko, G., Demirchieva, S. & Kalachova, G. (2006). Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*. 96, 446-451. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.034.
- Gladyshev, M., Sushchik, N., Gubanenko, G., Demirchieva, S. & Kalachova G. (2007). Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chemistry*. 101, 1694–1700. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.04.029.
- Granato, D., & Masson, M. L. (2010). Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 30, 1090–1096. DOI: 10.1590/S0101-20612010000400039 .
- Juntachote, T., Berghofer., E., Siebenhandl., S & Bauer, F. (2007). The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork. *LWT - Food Science and Technology*. 40, 324-330. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.08.008.
- Kaur, G., Cameron-Smith, D., Garg, M & Sinclair, A. (2011). Docosapentaenoic acid (22:5n-3): A review of its biological effects. *Progress in Lipid Research*. 50, 28-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2010.07.004>.
- Kouakou, N., Grongnet, J., Assidjo, N., Thys, E., Marnet, P., Catheline, D. & Kouba (2013). Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus L.*). *Meat Science*, 93, 821-826. DOI: 10.1016 / j.meatsci.2012.11.036.
- Lemay, M., Choquette, J., Delaquis, P., Claude, G., Rodrigue, N. & Saucier L . (2002). Antimicrobial effect of natural preservatives in a cooked and acidified chicken meat model. *International Journal of Food Microbiology*. 78, 217-226. DOI: 10.1016/S0168-1605(02)00014-4.

- Murphy, R. & Marks, B. (2000). Effect of Meat Temperature on Proteins, Texture, and Cook Loss for Ground Chicken Breast Patties. *Poultry Science*. 79, 99–104. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.99>.
- Nakandakari L., Gutiérrez, E., Chauca E, & Valencia, R (2014). Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las primeras 24 horas post beneficio tradicional. *Salud tecnología veterinaria*. 2, 99-105. DOI: <https://doi.org/10.20453/stv.v2i2.2246>.
- Nyati, H. (2000). An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food control*. 11, 471-476. DOI: 10.1016/S0956-7135(00)00013-X.
- Pathare, P., Linus, U. y AL-Julanda, F. (2012). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol*. 6(1) 36-60. DOI: 10.1007/s11947-012-0867-9.
- Pinzón, L, Hleap, J. y Ordóñez, L. (2015). Análisis de los Parámetros de Color en Salchichas Frankfurt Adicionadas con Extracto Oleoso de Residuos de Chontaduro (*Bactris Gasipaes*). *Información tecnológica*. 26, 45-54. DOI: 10.4067/S0718-07642015000500007.
- Rajkumar, V., Dushyanthan, K. & Arun, K. (2010). Retort pouch processing of Chettinad style goat meat curry a heritage meat product. *Journal of Food Science and Technolgy*. 47: 372–379. DOI: 10.1007/s13197-010-0062-9.
- Sampaio, S., Atria, P., Hirata, R. & Jorquera, G. (2017). Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 121, 333-339- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.009>.
- Simopoulos, A. P. (2006) Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 60. 502-507. DOI: 10.1016 / j.biopha.2006.07.080.
- Su, X., & Babb, J, (2007). The effect of cooking process on the total lipid and n-3 LC-PUFA contents of Australian Bass Strait scallops (*Pecten fumatus*). *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 16, 407-411. DOI: 10.6133 / apjcn.2007.16.s1.74.

- Suman, S. y Joseph, P. (2013). Myoglobin Chemistry and Meat Color Surendranath. *Annual review of food science and technology*. 4. 79-99. DOI: 10.1146/annurev-food-030212-182623.
- Tokur, B. (2007). The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*. 42, 874–879. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01298.x.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*. 70, 473-508. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.11.021.
- Toro, G., Ancoco T. y Ramos, D. (2015). Influencia del tiempo y temperatura de fritura en la textura y perfil lipídico en carne de cuy (*Cavia Porcellus*) frita. *Revista Ciencia & Desarrollo* 20: 22-26. ISSN: 2304-8891.
- Traore, S., Aubry L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K & Santé-Lhoutellier, V. (2012). Effect of heat treatment on protein oxidation in pig meat. *Meat Science*. 91, 14-21. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.11.037.
- Turan, H & Kocapete, D. (2014). Effects of traditional cooking methods on the fatty acid composition of bonito (*Sarda sarda, bloch 1793*). *Indian Journal of Animal Research*. 48. 177-181. DOI: 10.5958/j.0976-0aubo8.2.037.
- Valenzuela, A. y Nieto, S. (2001). Ácido docosahexaenoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno-infantil. *Revista médica de Chile*. 120(10). DOI: 10.4067/S0034-98872001001000015.
- Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Ersoy, B., & Celik, M. (2007). Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Muscle Foods*. 18, 88-94. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2007.00068.x.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pagina
ANEXO 1. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra cruda	94
ANEXO 2. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra pasteurizada	96
ANEXO 3: Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra esterilizada	98

ANEXO 1. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra cruda



LABS - ITP
Página 1 de 2

LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

INFORME DE ENSAYO N° 0625/18

Solicitante : ALIMENTOS INDUSTRIALES ALZAMORA - ALINALZA E.I.R.L.
 Dirección : Calle Samiria N° 2830 - Torre 6 - Dpto. 301 - Surquillo.
 Producto declarado : ACEITE DE CARNE DE CUY CRUDA "C".
 Presentación y Condiciones de la Muestra : En frasco de vidrio con tapa, refrigerado, en caja térmica.
 Cantidad de muestras : 200 mL
 Fecha de recepción de la muestra : 19.09.18
 Fecha de Ejecución de Análisis : 24.09.18
 Referencia de la muestra : Comunicación verbal del cliente
 N° de Solicitud de Servicio de Ensayo : 0227-18

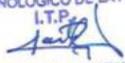
ENSAYO	NORMA O REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS
Cromatografías de Ácidos grasos	LABS-ITP-FQ-002-98, Rev. 4, 2003*	%, g/100g, mg/g	Anexo 1

RESUMEN CROMATOGRAFÍA:

ACIDOS GRASOS	%	g/100g	mg/g
Saturados	35,030	1,507	15,060
Monoinsaturados	22,250	0,957	9,570
Poliinsaturados	42,720	1,838	18,390
TOTAL	100,00		

Observaciones: *Método validado por el Laboratorio Físico - Químico LABS-ITP.
 % de grasa: 4,5
 Factor usado para la cuantificación de ácidos grasos 0,956

Callao, 26 de Setiembre de 2018

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION
 I.T.P.

 CARLOS CASTRO RUMICHE
 Prof. Responsable de Laboratorio de Físico
 Química y Sensorial



INFORME DE ENSAYO N° 0625/18

ANEXO 1

ÁCIDOS GRASOS	Cn:m	Promedio (%)	g/100g muestra	mg/g muestra
Butírico	04:0	nd	nd	nd
Caproico	06:0	nd	nd	nd
Caprílico	08:0	nd	nd	nd
Cáprico	10:0	nd	nd	nd
Undecanoico	11:0	nd	nd	nd
Láurico	12:0	nd	nd	nd
Tridecanoico	13:0	nd	nd	nd
Mirístico	14:0	1,250	0,054	0,54
Miristoleico	14:1	nd	nd	nd
Pentadecaenoico	15:0	0,400	0,017	0,17
Cis-10-Pentadecenoico	15:1	nd	nd	nd
Palmitico	16:0	22,740	0,978	9,78
Palmitoleico	16:1	0,810	0,035	0,35
Heptadecaenoico	17:0	0,680	0,029	0,29
Cis-10-Heptadecenoico	17:1	nd	nd	nd
Estearico	18:0	8,585	0,369	3,69
Oleico	18:1ω-9	19,950	0,858	8,58
Vaccenico	18:1ω-7	1,165	0,050	0,50
Linoleico	18:2ω-6	35,485	1,527	15,27
γ-Linolénico	18:3ω-6	nd	nd	nd
α-Linolénico	18:3ω-3	4,925	0,212	2,12
Estearidónico	18:4ω-3	nd	nd	nd
Araquídico	20:0	0,185	0,008	0,08
Eicosaenoico	20:1ω-9	0,325	0,014	0,14
Eicosadienoico	20:2	0,445	0,019	0,19
Eicosatrienoico	20:3ω-6	nd	nd	nd
Eneicosaenoico	21:0	nd	nd	nd
Eicosatrienoico	20:3ω-3	1,460	0,063	0,63
Araquidónico	20:4ω-6	nd	nd	nd
Eicosapentaenoico	20:5ω-3	nd	nd	nd
Behénico	22:0	1,190	0,051	0,51
Cetoleico	22:1ω-11	nd	nd	nd
Erucico	22:1ω-9	nd	nd	nd
Docosadienoico	22:2	nd	nd	nd
Tricosanoico	23:0	nd	nd	nd
Lignocérico	24:0	nd	nd	nd
Clupadónico	22:5ω-3	0,270	0,012	0,12
Docosahexaenoico	22:6 ω-3	0,135	0,006	0,06
Nervonico	24:1ω-9	nd	nd	nd

nd: No detectable

ANEXO 2. Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra pasteurizada



LABS - ITP
Página 1 de 2

LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

INFORME DE ENSAYO N° 0626/18

Solicitante : ALIMENTOS INDUSTRIALES ALZAMORA - ALINALZA E.I.R.L.
 Dirección : Calle Samiria N° 2830 - Torre 6 - Dpto. 301 - Surquillo.
 Producto declarado : ACEITE DE CARNE DE CUY PASTEURIZADA "P".
 Presentación y Condiciones de la Muestra : En frasco de vidrio con tapa, refrigerado, en caja térmica.
 Cantidad de muestras : 200 mL.
 Fecha de recepción de la muestra : 19.09.18
 Fecha de Ejecución de Análisis : 24.09.18
 Referencia de la muestra : Comunicación verbal del cliente
 N° de Solicitud de Servicio de Ensayo : 0227-18

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS
Cromatografías de Ácidos grasos	LABS-ITP-FQ-002-98, Rev. 4, 2003*	%, g/100g, mg/g	Anexo 1

RESUMEN CROMATOGRFÍA:

ACIDOS GRASOS	%	g/100g	mg/g
Saturados	35,305	1,755	17,550
Monoinsaturados	21,365	1,062	10,620
Poliinsaturados	43,330	2,154	21,540
TOTAL	100,00		

Observaciones: *Método validado por el Laboratorio Físico - Químico LABS-ITP.
 % de grasa: 5,2
 Factor usado para la cuantificación de ácidos grasos 0,956

Callao, 26 de Setiembre de 2018

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION
 I.T.P.

 CARLOS CASTRO RUMICHE
 Prof. Responsable de Laboratorio de Físico
 Químico y Sensorial



INFORME DE ENSAYO N° 0626/18

ANEXO 1

ÁCIDOS GRASOS	Cn:m	Promedio (%)	g/100g muestra	mg/g muestra
Butírico	04:0	nd	nd	nd
Caproico	06:0	nd	nd	nd
Caprílico	08:0	nd	nd	nd
Cáprico	10:0	nd	nd	nd
Undecanoico	11:0	nd	nd	nd
Láurico	12:0	nd	nd	nd
Tridecanoico	13:0	nd	nd	nd
Mirístico	14:0	1,260	0,063	0,63
Miristoleico	14:1	nd	nd	nd
Pentadecaenoico	15:0	0,400	0,020	0,20
Cis-10-Pentadecenoico	15:1	nd	nd	nd
Palmitico	16:0	22,980	1,142	11,42
Palmitoleico	16:1	0,825	0,041	0,41
Heptadecaenoico	17:0	0,675	0,034	0,34
Cis-10-Heptadecenoico	17:1	nd	nd	nd
Esteárico	18:0	8,690	0,432	4,32
Oleico	18:1 ω -9	19,070	0,948	9,48
Vaccenico	18:1 ω -7	1,170	0,058	0,58
Linoleico	18:2 ω -6	35,300	1,755	17,55
γ -Linolénico	18:3 ω -6	nd	nd	nd
α -Linolénico	18:3 ω -3	5,585	0,278	2,78
Estearidónico	18:4 ω -3	nd	nd	nd
Araquídico	20:0	0,170	0,008	0,08
Eicosaenoico	20:1 ω -9	0,300	0,015	0,15
Eicosadienoico	20:2	0,485	0,024	0,24
Eicosatrienoico	20:3 ω -6	nd	nd	nd
Eneicosaenoico	21:0	nd	nd	nd
Eicosatrienoico	20:3 ω -3	1,455	0,072	0,72
Araquidónico	20:4 ω -6	nd	nd	nd
Eicosapentaenoico	20:5 ω -3	nd	nd	nd
Behénico	22:0	1,130	0,056	0,56
Cetoleico	22:1 ω -11	nd	nd	nd
Erucico	22:1 ω -9	nd	nd	nd
Docosadienoico	22:2	nd	nd	nd
Tricosanoico	23:0	nd	nd	nd
Lignocérico	24:0	nd	nd	nd
Clupadónico	22:5 ω -3	0,375	0,019	0,19
Docosahexaenoico	22:6 ω -3	0,130	0,006	0,06
Nervónico	24:1 ω -9	nd	nd	nd

nd: No detectable

ANEXO 3: Informe de ensayo de perfil de ácidos grasos de muestra esterilizada



LABS – ITP
Página 1 de 2

LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

INFORME DE ENSAYO N° 0624/18

Solicitante	:	ALIMENTOS INDUSTRIALES ALZAMORA - ALINALZA E.I.R.L.
Dirección	:	Calle Samiria N° 2830 - Torre 6 - Dpto. 301 - Surquillo.
Producto declarado	:	ACEITE DE CARNE DE CUY ESTERILIZADA "E".
Presentación y Condiciones de la Muestra	:	En frasco de vidrio con tapa, refrigerado, en caja térmica.
Cantidad de muestras	:	200 mL
Fecha de recepción de la muestra	:	19.09.18
Fecha de Ejecución de Análisis	:	24.09.18
Referencia de la muestra	:	Comunicación verbal del cliente
N° de Solicitud de Servicio de Ensayo	:	0227-18

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS
Cromatografías de Ácidos grasos	LABS-ITP-FQ-002-98, Rev. 4, 2003*	%, g/100g, mg/g	Anexo 1

RESUMEN CROMATOGRAFÍA:

ACIDOS GRASOS	%	g/100g	mg/g
Saturados	35,505	1,765	17,650
Monoinsaturados	22,070	1,097	10,970
Poliinsaturados	42,425	2,109	21,090
TOTAL	100,00		

Observaciones: *Método validado por el Laboratorio Físico – Químico LABS-ITP.
% de grasa: 5,2
Factor usado para la cuantificación de ácidos grasos 0,956

Callao, 26 de Setiembre de 2018

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION
I.T.P.

CARLOS CASTRO RUMICHE
Prof. Responsable de Laboratorio de Físico
Química y Sensorial



INFORME DE ENSAYO N° 0624/18

ANEXO I

ÁCIDOS GRASOS	Cn:m	Promedio (%)	g/100g muestra	mg/g muestra
Butírico	04:0	nd	nd	nd
Caproico	06:0	nd	nd	nd
Caprílico	08:0	nd	nd	nd
Cáprico	10:0	nd	nd	nd
Undecanoico	11:0	nd	nd	nd
Láurico	12:0	nd	nd	nd
Tridecanoico	13:0	nd	nd	nd
Mirístico	14:0	1,350	0,067	0,67
Miristoleico	14:1	nd	nd	nd
Pentadecaenoico	15:0	0,400	0,020	0,20
Cis-10-Pentadecenoico	15:1	nd	nd	nd
Palmitico	16:0	22,930	1,140	11,40
Palmitoleico	16:1	1,040	0,052	0,52
Heptadecaenoico	17:0	0,680	0,034	0,34
Cis-10-Heptadecenoico	17:1	nd	nd	nd
Estearico	18:0	9,075	0,451	4,51
Oleico	18:1 ω -9	19,480	0,968	9,68
Vaccenico	18:1 ω -7	1,250	0,062	0,62
Linoleico	18:2 ω -6	34,275	1,704	17,04
γ -Linolénico	18:3 ω -6	nd	nd	nd
α -Linolénico	18:3 ω -3	5,170	0,257	2,57
Estearidonico	18:4 ω -3	nd	nd	nd
Araquídico	20:0	0,160	0,008	0,08
Eicosaenoico	20:1 ω -9	0,300	0,015	0,15
Eicosadienoico	20:2	0,460	0,023	0,23
Eicosatrienoico	20:3 ω -6	nd	nd	nd
Eneicosaenoico	21:0	nd	nd	nd
Eicosatrienoico	20:3 ω -3	1,910	0,095	0,95
Araquidónico	20:4 ω -6	nd	nd	nd
Eicosapentaenoico	20:5 ω -3	nd	nd	nd
Behénico	22:0	0,910	0,045	0,45
Cetoleico	22:1 ω -11	nd	nd	nd
Erucico	22:1 ω -9	nd	nd	nd
Docosadienoico	22:2	nd	nd	nd
Tricosanoico	23:0	nd	nd	nd
Lignocérico	24:0	nd	nd	nd
Clupadónico	22:5 ω -3	0,465	0,023	0,23
Docosahexaenoico	22:6 ω -3	0,145	0,007	0,07
Nervónico	24:1 ω -9	nd	nd	nd

nd: No detectable