

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



10 JUN 2013

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO DEL TIPO DE SECADOR SOLAR, CONCENTRACIÓN DE SALMUERA Y
ESPESOR DE FILETEADO, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS
Y TIEMPO DE SECADO, PARA LA OBTENCIÓN DE CECINA DE CARNE DE
GANADO VACUNO (*Bos taurus*)**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES: Br. LUIS ALBERTO REYNA CULQUI
Br. ALAN GABRIEL CASTILLO LOPEZ**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
COASESOR: Lic.Ms.C. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS**

CHACHAPOYAS – AMAZONAS 2013

DEDICATORIA



70 JUN 2013

A mis padres Alcibiades y María, que me brindaron valores, confianza, apoyo moral y económico que permitieron mi formación profesional y ser mejor dentro de la sociedad.

Luis Alberto Reyna Culqui

A mi madre M. Emperatriz, a la memoria de mi abuelita Carmen, a mis tíos, mis hermanos, que me apoyaron para lograr seguir mis estudios hasta ser un profesional.

Alan Gabriel Castillo Lopez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y familiares por darnos el respaldo económico y moral para poder realizar esta investigación.

Al **Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**, por su apoyo en la asesoría desde la elaboración de propuesta de tesis hasta la elaboración del informe, que nos permitió mejorar este trabajo de investigación.

Al **Lic. Ms.C. Elías Alberto Torres Armas**, por su valioso apoyo para enriquecer este trabajo de investigación.

Al personal técnico de los laboratorios de química, ingeniería y tecnología de alimentos de la UNTRM-A, por su apoyo incondicional en el desarrollo de esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. Vicente Marino Castañeda Chávez

Rector

Dr. Roberto José Nervi Chacón

Vicerrector Académico (e)

Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán

Vicerrector Administrativo (e)

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Chachapoyas, mayo de 2013

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM-A quien suscribe, hacer constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **“EFECTO DE TIPO DE SECADOR SOLAR, CONCENTRACIÓN DE SALMUERA Y ESPESOR DE FILETEADO, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y TIEMPO DE SECADO, PARA LA OBTENCIÓN DE CECINA DE GANADO VACUNO (*Bos taurus*)”**, de los egresados de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial

Br. LUIS ALBERTO REYNA CULQUI

Br. ALAN GABRIEL CASTILLO LOPEZ

El docente de la UNTRM-A quien suscribe, da el visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión del Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones, para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 01 de mayo del 2013.



Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón
Asesor de Tesis

VISTO BUENO DEL CO ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM-A quien suscribe, hacer constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **“EFECTO DE TIPO DE SECADOR SOLAR, CONCENTRACIÓN DE SALMUERA Y ESPESOR DE FILETEADO, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y TIEMPO DE SECADO, PARA LA OBTENCIÓN DE CECINA DE GANADO VACUNO (*Bos taurus*)”**, de los egresados de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial

Br. LUIS ALBERTO REYNA CULQUI

Br. ALAN GABRIEL CASTILLO LOPEZ

El docente de la UNTRM-A quien suscribe, da el visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión del Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones, para su posterior sustentación.

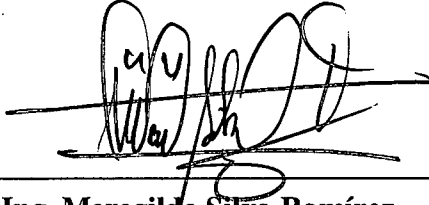
Chachapoyas, 01 de mayo del 2013.



Lic. Ms.C. Elías Alberto Torres Armas

Co Asesor de Tesis

JURADO EVALUADOR



Ing. Meregildo Silva Ramírez

Presidente



Ing. Erick Aldo Aunquiñivin Silva

Secretario



Ing. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Vocal

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES DE LA UNTRM	iii
VºBº DEL ASESOR Y CO ASESOR	iv
JURADO EVALUADOR	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAMAS Y FOTOGRAFÍAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Carne de ganado vacuno (<i>Bos taurus</i>)	1
1.1.1 Ganado vacuno en el Perú	1
1.1.2 Definición de carne	2
1.1.3 Categorías de carne de ganado vacuno	2
1.1.4 Calidad de la carne	3
1.1.5 Carne del lomo de ganado vacuno	4
1.2 Cecina de ganado vacuno (<i>Bos taurus</i>)	4
1.2.1 Definición de cecina	4
1.2.2 Características de la cecina	4
1.2.3 Tecnología de elaboración de la cecina	5
1.3 Otros productos cárnicos deshidratados	6
1.3.1 Charqui o charque Brasileño	6
1.3.2 Charqui de alpaca	7
1.3.3 Machaca	8
1.3.4 Biltong tradicional	8
1.4 Secado o deshidratación	9
1.4.1 Definición	9
1.4.2 Proceso de secado	9

1.4.3	Tecnología de secado solar	10
1.4.4	Factores que influyen en el secado	11
1.4.5	Consecuencias de secado o deshidratación	12
1.5	Secadores solares	13
1.5.1	Potencial del sol	13
1.5.2	Tipos de secadores solares	13
1.5.3	Tipo de circulación de aire en secadores solares	14
II	MATERIAL Y METODOS	15
2.1	Material biológico	15
2.2	Secador solar	15
2.2.1	Descripción de los componentes del secador solar	15
2.2.2	Dimensiones del secador solar	18
2.2.3	Instalación de secadores solares	28
2.3	Obtención de la cecina de ganado vacuno	30
2.4	Métodos de análisis fisicoquímico	33
2.4.1	Características fisicoquímicas	33
2.5	Análisis de datos	37
2.5.1	Evaluación fisicoquímica de la cecina de ganado vacuno	37
2.5.2	Modelo aditivo lineal para evaluación fisicoquímica	38
2.5.3	Análisis de varianza (ANOVA)	39
2.5.4	Software utilizado	39
III	RESULTADOS	40
3.1	Características fisicoquímicas de la carne del lomo de ganado vacuno	40
3.2	Características fisicoquímicas de cecina comprada en el mercado modelo de Chachapoyas	40
3.3	Secado en secadores solares de cámara translúcida y negra	40
3.3.1	Pérdida de peso de la carne en secador solar de cámara translúcida	41
3.3.2	Pérdida de peso de la carne en cámara negra	42
3.3.3	Pérdida de peso en función del tipo de cámara de secado	44
3.3.4	Pérdida de peso en función del espesor de fileteado	45
3.3.5	Pérdida de peso en función de la concentración de salmuera	45

3.4	Contenido de proteína	46
3.4.1	Contenido de proteína en función del tipo de cámara de secado	46
3.4.2	Contenido de proteína en función de concentración de salmuera	47
3.5	Contenido de grasa	48
3.5.1	Contenido de grasa en función del tipo de cámara de secado	48
3.5.2	Contenido de grasa en función de la concentración de salmuera	49
3.6	pH de la cecina	49
3.7	Acides de la cecina	50
3.8	Porcentaje de cenizas en la cecina	51
3.8.1	Ceniza en función del tipo de cámara de secado	51
3.8.2	Ceniza en función de la concentración de salmuera	52
IV	DISCUSIÓN	53
V	CONCLUSIONES	55
VI	RECOMENDACIONES	56
VII	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	57
VII	ANEXOS	60
ANEXO 1:	Diseño de secadores solares	61
ANEXO 2:	Cálculo del diseño de colector solar	63
ANEXO 3:	Cálculo del ángulo de inclinación del colector	74
ANEXO 4:	Cálculo de la eficiencia real del colector	75
ANEXO 5:	Secuencia fotográfica de construcción del secador solar	82
ANEXO 6:	Instalación de secadores solares	84
ANEXO 7:	Proceso de elaboración de cecina	85
ANEXO 8:	Equipos utilizados para análisis	89
ANEXO 9:	Resultados de secado de carne de ganado vacuno para obtención de cecina	90
ANEXO 10:	Pruebas de múltiples rangos aplicando prueba de Tukey	91

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional de las carnes por 100 g	2
Tabla 2. Ángulos de declinación del sol promedio mensuales	24
Tabla 3. Características fisicoquímicas de la carne de ganado vacuno	40
Tabla 4. Características fisicoquímicas de la cecina comprada en el mercado modelo de Chachapoyas	40
Tabla 5. Contenido de proteínas en muestras de cecina de ganado vacuno	46
Tabla 6. Contenido de grasa en cecina de ganado vacuno	48
Tabla 7. pH de la cecina de ganado vacuno	49
Tabla 8. Porcentaje de peso perdido por la carne durante el secado en secador de cámara translúcida y negra.	90
Tabla 9. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por cámara de secado	91
Tabla 10. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por tipo de fileteado	91
Tabla 11. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por concentración de salmuera	92
Tabla 12. Comparaciones múltiples para porcentaje de proteína por tipo de cámara de secado	92
Tabla 13. Comparaciones múltiples para contenido de proteína por concentración de salmuera	93
Tabla 14. Comparaciones múltiples para contenido de grasa por tipo de cámara de secado	93
Tabla 15. Comparaciones múltiples para contenido de grasa por concentración de salmuera	94
Tabla 16. Comparaciones múltiples para contenido de pH por tipo de cámara de secado	94
Tabla 17. Comparaciones múltiples para contenido de pH por concentración de salmuera	95
Tabla 18. Comparaciones múltiples para acidez por tipo de cámara de secado	95
Tabla 19. Comparaciones múltiples para acidez por concentración de salmuera	96
Tabla 20. Comparaciones múltiples para ceniza por tipo de cámara de secado	96
Tabla 21. Comparaciones múltiples para ceniza por concentración de salmuera	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes de un colector solar	17
Figura 2. Cámaras de secado con cubierta translúcida y otra negra	17
Figura 3. Extractor de 12 Voltios	18
Figura 4. Ubicación de las muestras en la bandeja.	19
Figura 5. Declinación de colectores según latitud	23
Figura 6. Ángulo de inclinación del colector	25
Figura 7. Instalación de secadores respecto a la radiación solar y corriente de aire.	29
Figura 8. Diagrama de flujo para elaboración de cecina de ganado vacuno.	32
Figura 9. Porcentaje de pérdida de peso para B1 (4 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).	41
Figura 10. Porcentaje de pérdida de peso para B2 (6 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).	41
Figura 11. Porcentaje de pérdida de peso para B3 (8 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).	42
Figura 12. Porcentaje de pérdida de peso para B1 (4 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0 %), C2 (15 %), C3 (20 %) y C4 (25 %).	43
Figura 13. Porcentaje de pérdida de peso para B2 (6 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde S0 (0%), S1 (15%), S2 (20%) y S3 (25%).	43
Figura 14. Porcentaje de pérdida de peso para B3 (8 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde C1 (0 %), C2 (15 %), C3 (20 %) y C4 (25 %).	44
Figura 15. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs tipo de cámara de secado.	44
Figura 16. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs espesor de fileteado.	45
Figura 17. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs concentración de salmuera.	46
Figura 18. Porcentaje de proteína vs tipo de cámara de secado (translúcida y negra).	47
Figura 19. Porcentaje de proteína vs concentración de salmuera.	47
Figura 20. Porcentaje de grasa vs tipo de cámara de secado (translúcido y negra).	48
Figura 21. Porcentaje de grasa vs concentración de salmuera.	49
Figura 22. pH vs tipo de cámara de secado	50

Figura 23.	pH vs concentración de salmuera.	50
Figura 24.	Acidez vs tipo de cámara de secado.	51
Figura 25.	Acidez vs concentración de salmuera.	51
Figura 26.	Porcentaje de ceniza vs tipo de cámara de secado.	52
Figura 27.	Porcentaje de ceniza vs concentración de salmuera.	52
Figura 28.	Carta psicrométrica	62
Figura 29.	Esquema del secador solar	81

ÍNDICE DE FOTOGRAMAS Y FOTOGRAFÍAS

		Pág.
Fotograma 1.	Secuencia de construcción de colectores solares	82
Fotograma 2.	Secuencia de construcción de cámaras de secado	83
Fotografía 1.	Transformador de 220 V a 12 V para extractores	84
Fotografía 2.	Secadores solares	84
Fotografía 3.	Desgrasado de la carne	85
Fotografía 4.	Fileteado (espesor de 4, 6 y 8mm)	85
Fotografía 5.	Carne fileteada	86
Fotografía 6.	Lavado de carne fileteada	86
Fotografía 7.	Carne en salmuera	87
Fotografía 8.	Carne en el secador	87
Fotografía 9.	Control de peso de carne en la que se está secando	88
Fotografía 10.	Producto envasado	88
Fotografía 11.	Equipo Soxhlet	89
Fotografía 12.	Equipo Kjeldahl.	89
Fotografía 13.	Cocina electrica	89
Fotografía 14.	Estufa y crisoles	89

RESUMEN

El número aproximado de cabezas de ganado vacuno (*Bos Taurus*) en el Perú es de 5037499; de lo cual el 3,04% se encuentra en la región Amazonas, la carne de vacuno se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes, y pequeñas cantidades de carbohidratos; el lomo es el mejor corte del vacuno; la cecina es carne fileteada, salada, secada al aire, al sol o al humo; el secado es la separación de humedad de los sólidos por evaporación en una corriente de aire por transmisión de calor. Se construyeron dos secadores solares del mismo tamaño pero las cámaras de secado con diferentes cubiertas (translúcida y negra); se filetearon los cortes de carne de lomo en tres espesores 4, 6 y 8 mm; inmersas en salmueras de 0%, 15%, 20% y 25% por 12 horas; luego secadas en los secadores en un tiempo de 2 a 3 días, se hizo control del peso cada 2 horas. Se realizaron las mediciones de pH, acidez titulable, grasa, proteína, cenizas y humedad; el método estadístico empleado fue un diseño completamente al azar (DCA). El porcentaje de peso perdido fue mayor en 4 mm de fileteado a 0% y 15% de inmersión en salmuera; el porcentaje de proteína, porcentaje de grasa, pH y acidez titulable en función de tipo de cámara de secado y concentración de salmuera no tiene diferencias estadísticamente significativas; el contenido de ceniza de la cecina secada en secador de cámara translúcida es mayor que en la de cámara negra, e incrementa conforme a concentración de salmuera $0\% < 15\% < 20\% < 25\%$. El secado en menor tiempo se dio para secador solar con cámara de secado de cubierta translúcida. Monroy (2006) menciona que superficies transparentes o translúcidas tienen propiedades de transmisión selectiva por su transmitancia muy alta y emitancia casi nula; mientras que Betancourt, (2004), menciona que un cuerpo oscuro absorbe energía estando más caliente e irradia energía al medio que lo rodea. El mejor tratamiento para obtener cecina de ganado vacuno de calidad, es empleando secador solar con cámara de secado de cubierta translúcida, con 4 mm de espesor de fileteado e inmersión en salmuera al 15% de concentración. Se recomienda usar secadores solares de cámara translúcida para el secado durante la elaboración de cecina de ganado vacuno.

Palabras clave: Secador solar, cecina, salmuera, fileteado.

ABSTRACT

The approximate number of cattle (*Bos taurus*) in Peru is of 5,037,499, from this, the 3.04% is located in the Amazon as region, the beef to be composed of water, proteins and amino acids, minerals, fats and fatty acids, vitamins and other components, and few amounts of carbohydrates, the best cut of is the loin, jerky is meat bovine filleted, salted, dried in the open air to put in sun or to give of smoke drying is the separation of moisture from the solids by evaporation in an air stream by heat transfer. He built two solar dryers the same size but the drying chambers with different cover (translucent black) were filleted meat cuts back in three thicknesses 4, 6 and 8 mm, immersed in brines from 0%, 15%, 20% and 25% for 12 hours, then dried in the drying in a time of 2 to 3 days, weight control was made every 2 hours. We performed measurements of pH, titratable acidity, fat, protein, ash and moisture, the statistical method used was a completely randomized design (DCA). The percentage weight loss was greater than 4 mm filleting at 0% and 15% of immersion in brine, the percentage of protein and fat, pH and titratable acidity in operation of type of drying chamber and brine concentration doesn't have Statistically significant differences, the ash content of the dried jerky translucent dryer chamber is higher than in the dark chamber, and increases according to brine concentration 0% <15% <20% <25%. Drying in less time was given for solar dryer drying chamber translucent roof. Monroy (2006) mentions that transparent or translucent surfaces have selective transmission properties high transmittance and emittance almost zero, while Betancourt (2004) mentions that a dark body absorbs energy staying hotter and radiates energy to the environment that surrounds. The best treatment for beef jerky quality is using solar dryer drying chamber translucent roof, with 4 mm thick thread and immersion in brine concentration to 15% of solar dryers it is recommended for translucent camera drying during processing of beef jerky.

Keywords: Solar Dryer, cured, brine, filleting.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Carne de ganado vacuno (*Bos taurus*)

1.1.1 Ganado vacuno en el Perú

El número aproximado de cabezas de ganado en el Perú es de 5037499; de lo cual el 73,6% se encuentra en la sierra, el 11,8% en la costa y el 14,6% en la selva, en la región Amazonas 3,04% de la población total (INEI 2012).

En la región Amazonas el ganado vacuno se cría en potreros donde se alimenta con pastos naturales.

Descripción zoológica

Según Castro (2002), citado por Díaz y Peláez (2012), la descripción zoológica es como sigue:

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Sub orden	Rumiantes
Familia	<i>Bovidae</i>
Sub familia	Bovinae
Género	<i>Bos</i>
Especie	<i>taurus</i>

1.1.2 Definición de carne

El Codex Alimentarius define la carne como todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin.

La carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento (Forrest *et al.*, 1979; citado por Santrich, 2006). Principalmente se refiere al músculo de los mamíferos que ha sufrido ciertos cambios químicos y físicos después del beneficiado. Además, la

carne con frecuencia implica un producto que incluye algo de tejido adiposo (grasa) y hueso (Fennema, 1996; citado por Santrich, 2006).

Composición

Los músculos son estructuras complejas que están formadas por varios elementos que interaccionan entre sí para formar una jerarquía estructural (Aguilera y Stanley, 1999 citado por Clemente, 2003).

La carne se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos.

Tabla1. Composición nutricional de las carnes por 100 g.

carnes	Agua	Prot.	Grasas	Cenizas	KJ
Carne de vacuno (magra)	75,0	22,3	1,8	1,2	116
Canal de vacuno	54,7	16,5	28,0	0,8	323
Carne de ternera (magra)	76,4	21,3	0,8	1,2	98

(FAO 2007).

Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad. La carne es rica en vitamina B12 y hierro, los cuales no están fácilmente disponibles en las dietas vegetarianas.

La carne, como tal, puede subdividirse en diversas categorías generales. La de mayor consumo es la carne roja que incluye principalmente las de vacuno, cerdo y ovino de diferentes razas (Forrest *et al.*, 1979; citado por Santrich, 2006).

1.1.3 Categorías de carne de ganado vacuno

Las categorías de la carne de vacuno se clasifican principalmente como categorías comerciales que se otorgan a cada corte dependiendo de su calidad, su contenido en grasa y tejido conjuntivo (Díaz M. y Peláez M, 2012).

Carne de primera

Sin grasa visible, sin presencia de nervios, venas ni cartílagos.

Carne de segunda

Puede contar hasta con 20 % de grasa visible, sin nervios, venas ni presencia de cartílagos.

Carne de tercera

Contiene entre 30 – 40 % de grasa visible, con pequeños nervios y cartílagos visibles.

1.1.4 Calidad de la carne

En general, cuando se hace referencia a la calidad de la carne bovina inmediatamente se tiene en cuenta variables como terneza, color, jugosidad, sabor, aroma y vida útil de la carne (Koochmaraie *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2001; Pietrasik y Shand, 2004; citados por Santrich, 2006).

Terneza

Se puede definir como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar. A ella contribuyen las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, las del tejido conectivo, principalmente el colágeno. Las características del colágeno dependen del tipo de músculo y del animal, particularmente de su edad al sacrificio. Las condiciones del almacenamiento *postmortem* de la canal así como el manejo *antemortem* del animal son también factores determinantes de la terneza en la medida que afectan el estado de las proteínas miofibrilares y el metabolismo anaeróbico de la fibra muscular (Kerr *et al.*, 2000; Aberle *et al.*, 2001., Garriz, 2001; citados por Santrich, 2006).

Textura

Se puede definir como una función de tamaño de los haces de fibras separadas por el perimio, capa del tejido conectivo que divide el músculo longitudinalmente. El tamaño de los haces está determinado

tanto por el número como por el diámetro de las fibras, La textura del músculo aumenta con la edad (Bailey y Light, 1989; citado por Santrich, 2006).

1.1.5 Carne del lomo de ganado vacuno

Es una de los mejores cortes de carne de vacuno y se localiza en el centro de la espalda del animal. Los filetes de esta pieza son de gran ternera y se consumen fritos, asados o a la parrilla (Solís, 2005).

1.2 Cecina de ganado vacuno (*Bos taurus*)

1.2.1 Definición de cecina

La Real Academia Española (RAE), define la cecina como carne salada, enjuta y seca al aire, al sol o al humo.

La palabra cecina etimológicamente proviene del bajo latín *caro siccina* derivado del latín *siccun*, seco. Es precisamente el proceso de secado y salazón lo que caracteriza en gran medida a la cecina (Leizaola, 2008).

1.2.2 Características de la cecina

Es un producto cárnico elaborado con carne (principalmente de cerdo o vacuno) cortada en filetes que son salados y secados durante un corto periodo de tiempo a temperatura ambiente, bajo el sol, a la sombra o cerca del fuego de una cocina según las características climatológicas y costumbres locales (Salvá, 2009).

La cecina de vacuno ha sido estudiada por Reyes-Cano *et al.* (1994); citados por Salvá, (2009), quienes encontraron que tiene aproximadamente 62-65% de humedad, una actividad de agua (aw) entre 0,89-0,90 y un contenido de sal entre 8 y 10%, así como una importante cantidad de proteínas (56,7-72,3%, expresado en base seca). La cecina es más oscura (por modificación química de los pigmentos y concentración de los mismos asociada a la deshidratación) y ligeramente más seca que la carne fresca (Salvá, 2009).

1.2.3 Tecnología de elaboración de la cecina

Según Reyes-Cano *et al.* (1994) citados por Salvá, (2009), dicho proceso incluye el cortado de la carne (normalmente procede de los cuartos traseros), en dirección de las fibras musculares, en largas rebanadas o filetes de fino grosor (hasta 1 m de largo, 10-25 cm de ancho y 2-8 mm de grosor). Después la carne es salada (algún fabricante puede también adicionar vinagre). Finalmente se procede al secado al aire libre, que puede ser realizado con la cecina colgada o extendida sobre mesas y que dura un tiempo variable, normalmente está comprendido entre 4 a 24 horas. A la cecina una vez secada, opcionalmente, dependiendo de la zona y fabricante, se le cubre con una capa de aceite o grasa

Proceso de estandarizado de salado y secado de cecina con buenas condiciones higiénicas, controlando el salado (salmuera con 15% de sal, relación carne salmuera de 1:2 y 4 h de inmersión), la temperatura de secado (50°C por una hora en un horno secador), al final del secado debe alcanzar una actividad de agua (aw) de 0,85, y envasado al vacío, con lo que se logra mantener el producto sin presencia detectable de *S. aureus*, coliformes y levaduras y con bajos recuentos de hongos (2×10^2 ufc/g), durante 120 días de almacenamiento tanto a 4, 25 o 35 °C. El nitrógeno soluble se incrementa considerablemente durante el almacenamiento a 35 °C y casi no sube a las otras temperaturas; el pH sube 1 unidad (desde valores iniciales de 5,3) a temperaturas de 25 y 35 °C, no así a 4 °C; la luminosidad de la cecina así obtenida aumentó más a mayor temperatura (Reyes-Cano *et al.*, 1995; citados por Salvá, 2009).

La cecina es producida localmente por pequeños productores y es vendida en tiendas y mercados. Para su distribución, los filetes de cecina son doblados y cubiertos con tela, papel o plástico; pueden permanecer colgados para su exposición y venta. Durante la distribución y comercialización la cecina puede seguir perdiendo humedad (en función de la presentación, condiciones climáticas y tiempo).

1.3 Otros productos cárnicos deshidratados

Los productos cárnicos elaborados a partir de piezas o trozos de carne de rumiantes suelen ser productos autóctonos, tradicionales, circunscritos a zonas muy concretas dentro de los distintos continentes.

En algunos productos no se utiliza más que sal como conservante y se secan en condiciones naturales (al aire y al sol). Este es el caso del biltong (África del sur), el dendang (Malasia), el charqui (Perú y Bolivia), el charque (Brasil) o el tasajo (Uruguay). Por otra parte, hay los productos típicos que suelen contener (aunque no siempre), además de sal común, agentes de curado (nitratos, nitritos, etc.), elaborándose de forma más industrializada. Ejemplos de estos productos los podemos encontrar en Europa, mencionando en este grupo el Bündnerfleisch, la bresaola o la cecina española. Como ejemplo adicional, en Turquía, Armenia y Grecia se elabora la basturma o pastirma y en Nigeria el kilishi, ambos a partir de carne de vacuno, que además de la salazón y secado, se recubre superficialmente de una capa de 2-3 cm de un adobo especial (ajo picado, sal, pimentón picante, harina de trigo, semillas picadas de cereales y agua) (Zumalacárregui y Díez, 2001 citado por Salvá, 2009).

1.3.1 Charqui o charque brasileño

Es un producto típico elaborado principalmente en Brasil en donde es llamado charqui, obtenido por salado y secado al sol y al viento de carne de vacuno (obtenida de piezas de los cuartos traseros o delanteros), que previamente ha sido deshuesada, recortada de grasa y cortada en trozos de gran superficie en comparación con su volumen, conocidos como “mantas” por la forma que adquieren (Fagundes, 1982; citado por Salvá, 2009).

Debido a su salado y secado, el charqui tiene un bajo contenido de humedad (similar a 45%), una relativamente baja aw (0,70 – 0,75) y alto contenido en sal (10–15%); además, el pH de la carne puede subir 0,3–0,8 unidades con respecto al de la carne de partida (Norman y Corte, 1985; Lara *et al.*, 2003; citados por Salvá, 2009).

El Ministerio de Agricultura de Brasil establece que el charqui no debe contener más de 45% de humedad y no más de 15% de cenizas, con una variación tolerable para ambos parámetros del 5%.

Su producción a escala industrial data de 1780. El producto era inicialmente destinado a la alimentación de los más pobres, los esclavos, aunque posteriormente se extendió su consumo al resto de la población y llegándose a exportar en grandes cantidades a países lejanos como Inglaterra (Salvá, 2009).

1.3.2 Charqui de alpaca

Carne salada y desgrasada de alpaca, obtenida mediante el proceso de secado y deshidratado, con la finalidad de prolongar su tiempo útil. Comercialmente puede presentarse con hueso o sin hueso, así como fileteado, deshilachado, desmenuzado y en cubos. La palabra charque o charqui es un término originario de las lenguas ancestrales andinas, aymara y quechua (PRONAA, 2012).

Deberá provenir de animales faenados no mayores de 4 años bajo inspección veterinaria y de centros de faenamiento autorizados por la entidad competente, beneficiados bajo inspección sanitaria. La faena de los animales de abasto únicamente debe realizarse en los centros autorizados por el SENASA.

Las piezas de carcasa deberán ser cortadas adecuadamente (charqui de alpaca con hueso de primera) con el objeto de facilitar una buena penetración de la sal. Asimismo, no deberán contener "Sarcosystiosis"

Requisitos Organolépticos

Sabor	:Salado característico
Color	:Debe presentar un color típico en tonalidades de blanco pajizo
Olor	:Característico del producto
Textura	:Debe ser seca al tacto sin presentar apariencia viscosa

Requisitos Fisicoquímicos

Humedad	: 20% Max.
Espesor	: 2,5 cm mínimo de espesor de fibra muscular.
Proteína	: 45% min.
Grasa	: 20 % Max.

1.3.3 Machaca

La machaca es un producto cárnico tradicional en el norte de México, Las operaciones fundamentales para la obtención de este producto son: limpieza de las piezas de vacuno (en la sierra también se emplea equino, venado y otros animales de caza), fileteado, salado, secado, fritura, reducción de tamaño (deshebrado, machacado) y el aireado de las fibras obtenidas de la carne seca y frita (Salvá, 2009).

La composición de la machaca estudiada por (Ibarra y Valdez 2001; citados por Salvá, 2009). Se encontró que la humedad del producto estuvo en el rango de 11-14% y la aw entre 0,59 a 0,63, con un contenido en grasa de 22 a 24%. Los amplios rangos hallados en la composición se atribuyeron a variaciones en las condiciones de secado (velocidad y temperatura del aire) dentro del horno secador. Estos autores recomiendan llevar a cabo un diseño de proceso de salado y secado mejorando la tecnología y aplicando las nuevas directivas de APPCC (Análisis de peligros y puntos críticos de control).

1.3.4 Biltong tradicional

Es un producto cárnico salado y deshidratado tradicional de Sudáfrica (donde se conoce desde hace siglos), que se prepara tradicionalmente a partir de músculos de bovinos y antílopes (Lewis *et al.*, 1957). Actualmente, la mayor parte del biltong producido se elabora con carne de vacuno. De la carne de estos animales se obtienen tiras de 1-2 cm de grosor, preferentemente mediante cortes paralelos a las fibras musculares, y de la longitud del músculo. A estas tiras de carne se les

adiciona sal y otros ingredientes o aditivos como los nitratos y nitritos, diversas especias y condimentos. Finalmente, la carne salada se seca por 1-4 semanas a temperatura ambiente (Bender, 1992 citado por Salvá, 2009).

La composición química del biltong tradicional fue estudiada por (Lewis *et al.* 1957; citados por Salvá, 2009) quienes encontraron un contenido promedio de humedad de 11,5% (rango entre 5 a 20%), grasa de 1,9%, proteína de 65% y cenizas de 12,5%. Cabe resaltar el bajo contenido en grasa de este producto, ya que la grasa presente es prácticamente grasa intramuscular.

(Wolter *et al.* 2000; citados por Salvá, 2009) encontraron un valor de pH promedio de 5,84, un contenido de humedad promedio de 19,7%, de sal 3,77% y un valor de aw promedio de 0,72

El Biltong se consume principalmente en países africanos, aunque también tiene presencia en mercados de otros países como Portugal, Inglaterra, Estados Unidos o Australia (Atwell, 2000; citado por Salvá, 2009).

1.4 Secado o deshidratación

1.4.1 Definición

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido; en general, entendemos por secado la separación de la humedad de los sólidos (o de los líquidos) por evaporación en una corriente gaseosa; en consecuencia, en cualquier proceso de secado hemos de tener en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia (Ocón y Tojo, 1980).

1.4.2 Proceso de secado

Durante el secado de productos agroalimentarios en general y de carne en particular, el agua difunde desde el interior del producto hasta su superficie, pasando después al aire que lo rodea. Por lo tanto, el agua

debe vencer dos resistencias: la resistencia del producto a que difunda en su interior hasta alcanzar su superficie y la resistencia del aire que rodea al producto a que el agua abandone la superficie del mismo. Es decir, el proceso de transferencia de materia que tiene lugar durante el secado de carne está controlado por dos resistencias: la resistencia interna y externa a la transferencia de materia. La resistencia global es la suma de ambas (Mulet *et al.*, 1987; citado por Clemente, 2003).

1.4.3 Tecnología de secado solar

La tecnología de secado solar se ha utilizado en todo el mundo para conservar una gran variedad de frutas y hortalizas, y además, pescados y carnes (Linehan *et al.*, 1993). Energía solar es esencialmente radiación electromagnética que emite el sol debido a su temperatura. Esta radiación está compuesta por tres tipos: radiación infrarroja (IR) 42%, radiación visible (Vis) 46%, radiación ultravioleta (UV) 12%. En donde la radiación infrarroja constituye esencialmente ondas de calor, invisibles para el ser humano pero sensibles para el tacto humano (Valera, 2007).

En el secado solar, se usa sólo la energía del sol como única fuente de calor o como una fuente suplementaria, siendo un efecto combinado entre el aire que se mueve sobre el producto de manera natural o por medios mecánicos y el calor producido por el sol. El secado se puede hacer calentando previamente el aire y luego se pasa a través del producto o este se expone de manera directa, o puede ser una combinación de ambos. El calor absorbido por el producto brinda la energía necesaria para la evaporación del agua que contiene, siendo el proceso que ocurre en su superficie, una simple evaporación. El agua empieza a evaporarse en la superficie del producto húmedo cuando la energía que absorbe, hace que aumente su temperatura lo suficiente para evaporar el agua. En el secado con exposición directa al sol, parte de la energía penetra el material y es absorbida dentro del producto, por lo tanto genera calor en su interior y en su superficie. La absorción de la radiación solar por producto es un factor importante en el secado solar directo (Barbosa *et al.*, 2010).

1.4.3.1 Ventajas del uso de secadores solar

El uso de secadores solares ofrece más ventajas que el secado al sol. Se generan temperaturas más elevadas y, en consecuencia, se obtienen menores grados de humedad, lo que trae como resultado un secado más rápido y una humedad final menor. Las temperaturas elevadas que se generan actúan como una barrera contra la presencia de insectos y de mohos. El producto al interior del secador está protegido del polvo y los insectos. El secado se efectúa a un ritmo más acelerado y debido a un sistema de rejilla requiere de menor cantidad de terreno. Permite un grado considerable de protección contra la lluvia, lo que hace menos necesaria la mano de obra adicional para recoger material.

1.4.4 Factores que influyen en el secado

1.4.4.1 La sal

El contenido de sal puede afectar a la transferencia de agua debido a dos mecanismos diferentes, por un lado la capacidad de retención de agua y por otro lado influye en el desarrollo del sabor y del aroma de este tipo de productos, ya que aumenta la solubilidad de las proteínas (Hernández *et al.*, 1999; citado por Clemente, 2003). Por lo tanto, la etapa de salado permite una estabilización de la carne por disminución de la actividad de agua en la superficie. Una vez que la sal ha penetrado a nivel superficial, difunde poco a poco al interior del producto. El salado se realiza a temperatura baja debido a que la carne tiene un elevado contenido en agua y la concentración salina en el interior es baja. La contracción puede cambiar con la variación en las resistencias a la transferencia de materia (Cárcel, 2003; citado por Clemente, 2003).

1.4.4.2 Velocidad del aire circulante

Para bajas velocidades, prevalece la resistencia externa, los perfiles de humedad en la muestra son bastante planos y los

esfuerzos internos son mínimos con lo que el sólido encoge de modo relativamente uniforme.

Para velocidades elevadas, la resistencia interna controla la velocidad de transferencia de materia, sobre todo para contenidos en agua bajos. La superficie se seca más que el centro y el cuerpo sufre una contracción desigual (Mayor y Sereno, 2004; citado por Clemente, 2003).

1.4.4.3 Temperatura

Si la velocidad del aire y la temperatura son muy elevadas, en la superficie del alimento habrá un contenido en humedad muy bajo, lo que hará que se forme una costra que limite la contracción. En esta costra, pueden tener lugar transiciones de fase y puede formarse una matriz vítrea que impida al sólido contraerse durante el resto del proceso de secado (Mayor y Sereno; 2004, citado por Clemente 2003).

1.4.5 Consecuencias de secado o deshidratación

La deshidratación puede afectar a la estructura de los tejidos celulares, modificando las propiedades fisicoquímicas del producto, siendo la temperatura de secado un factor determinante. Estas modificaciones afectan principalmente a la textura, a la capacidad de rehidratación y al aspecto. La reducción de la capacidad de rehidratarse se origina como consecuencia de la contracción y distorsión celular y también por el efecto de la concentración de sales, que pueden desnaturalizar parcialmente las proteínas, que después no podrán reabsorberse plenamente y ligar el agua (Guerrero y Núñez, 1991; citado por Clemente, 2003).

1.5 Secadores solares

1.5.1 Potencial del sol

La potencia solar que recibe el planeta Tierra (fuera de la atmósfera) es cerca de 173×10^{12} kW o una energía de 15×10^{17} kWh por año. Al atravesar la atmósfera, cerca de 53% de esta radiación es reflejada y absorbida por el nitrógeno, oxígeno, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua, polvo y las nubes. Por lo tanto al pasar esta radiación por una distancia de 150 millones de km, se reduce esta cantidad y al final planeta recibe energía promedio a 3×10^{17} kWh al año, equivalente a 4000 veces el consumo del mundo entero en un año (7×10^{17} kWh/año), lo cual nos indica la enorme potencia del sol (Shyam, 2005).

1.5.2 Tipos de secadores solares (Curo *et al.*, 2008)

1.5.2.1 Directo

En este tipo de secadores el producto se usa como superficie absorbente de la radiación solar. En ellos, el secado se realiza en menor tiempo pero también es menos uniforme, con ventajas para las partes del producto directamente expuestas al sol. Es eficiente con productos resistentes a la radiación solar directa.

1.5.2.2 Secador solar indirecto

Ofrece una mejor calidad del producto, al no incidir sobre el mismo la radiación solar directamente; la manipulación del producto es generalmente más fácil; el control de los parámetros de secado es más sencillo, ya que puede regularse por medio del aire.

- Por convección natural
- Por convección forzada

1.5.2.3 Secador solar mixto

En ellos el producto está expuesto simultáneamente a la radiación solar directa y al aire previamente calentado con energía solar. Resultan útiles cuando el área es insuficiente para el secado solar directo, con una adecuada circulación de aire pueden producir un secado más uniforme.

1.5.3 Tipos de circulación del aire en secadores solares

El aire circula dentro del secador con el fin de eliminar la humedad evaporada del producto. Esta circulación se logra por dos métodos: circulación forzada y por convección natural (Barrie y Boateng, 1997).

1.5.3.1 Circulación forzada.

El aire es movido por un ventilador que consume energía mecánica o eléctrica. Este tipo de circulación facilita el diseño en el caso de los equipos de tamaño grande, además de facilitar el control del proceso de secado. Se pueden obtener velocidades de circulación de aire entre 0,5 y 1 m/s. La principal desventaja de la circulación forzada es el hecho de que se debe disponer de una fuente de energía eléctrica.

1.5.3.2 Circulación por convección natural

El aire es movido por las diferencias de temperatura entre las distintas partes del equipo, que promueven la convección térmica del aire. Este tipo de circulación se hace más difícil de incorporar con equipos grandes. Para equipos pequeños o medianos se pueden lograr velocidades de aire de 0,4 a 1 m/s al interior de la cámara, pero en equipos grandes esta velocidad no sobrepasa los 0,1 a 0,3 m/s (Barrie y Boateng, 1997).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Material biológico

Se empleó carne de lomo de ganado vacuno (*Bos taurus*) de la raza criollo de aproximadamente 3 años de edad procedente del mismo lote en el camal de la ciudad de Chachapoyas. Antes de ser beneficiado tiene 24 horas de ayuno y es bañado con agua fría. Luego la carne se lleva a refrigeración.

2.2 Secador solar

Los dos secadores solares diseñados y construidos para este trabajo de investigación, constan de colectores solares y una cámara de secado de igual dimensión para ambos. Los colector solar son de igual características para ambos y consta de una caja térmica encargado de captar radiación solar y convertirla en energía calorífica y así calentar el aire que circula por su interior, el aire caliente pasa a la cámara de secado, se colocó la carne a secar en una bandeja. Las cámaras de secado tienen una estructura de madera y en la base interior fue cubierto con aislante (tecknopor) y papel aluminio brillante, el resto fue cubierto de con manta de polietileno de baja densidad translúcido para una cámara y para la otra con cubierta de negra.

Los secadores solares construidos son de flujo forzado, alcanzan temperaturas entre los 31°C y los 65°C de temperatura dependiendo de las horas de insolación y época del año, no generan altos gastos económicos, ya que requiere un mínimo gasto de energía eléctrica para el funcionamiento del extractor, en comparación a secadores convencionales que utilizan gas, kerosene, petróleo, etc., que tienen un altos costo de operación. Los costos de construcción son relativamente bajos

2.2.1 Descripción de las componentes del secador solar

2.2.1.1 Colector solar de placa plana

El colector solar es un equipo bastante desarrollado, siendo su construcción y operación simple; su propósito es el calentamiento de un fluido, habitualmente agua o aire. Está constituido por una

placa de acero galvanizado (calamina), pintado con esmalte negro mate que permite absorber toda la radiación y no emitirla, por lo cual, todo el calor pasa a la otra cara de la placa, que forma parte del ducto por donde circula el aire. Sobre un espacio a 4 cm de la placa absorbedora se coloca una cubierta de manta de polietileno de baja densidad que permite pasar a la radiación solar pero no la deja salir nuevamente al espacio. Todo esto se encuentra en una estructura de madera y aislante (tecknopor) que tiene por finalidad aislarlo del ambiente para evitar pérdida de calor ganado por el aire.

Los colectores solares diseñados para calentamiento de aire constan de los siguientes elementos.

Cuerpo o marco

La estructura del colector tiene forma de una U esquinada de 1,8 m de longitud, 0,7208 m de ancho y 0,1154 m de altura, todo construido con madera de 1 cm de espesor. La madera ayuda a minimizar pérdida de calor al medio exterior.

Cubierta transparente

Se utilizó para el colector y secador una cubierta de polietileno de baja densidad (PEBD) formulado con aditivo anti uv. El objeto de las cubiertas es la de reducir las pérdidas de calor por radiación y convección. Está cubierta también puede ser de vidrio y las condiciones que se requiere de estas son resistencia a la degradación debido al calor, luz y las condiciones ambientales. Además, generar efecto invernadero por alta transmisibilidad de radiación solar.

Superficie o placa absorbente

Para construcción de los colectores solares se ha utilizado una plancha de acero galvanizado (calamina) pintado con esmalte

negro mate con el objetivo de absorber mejor la radiación solar y minimizar a valores despreciables de reflejo.

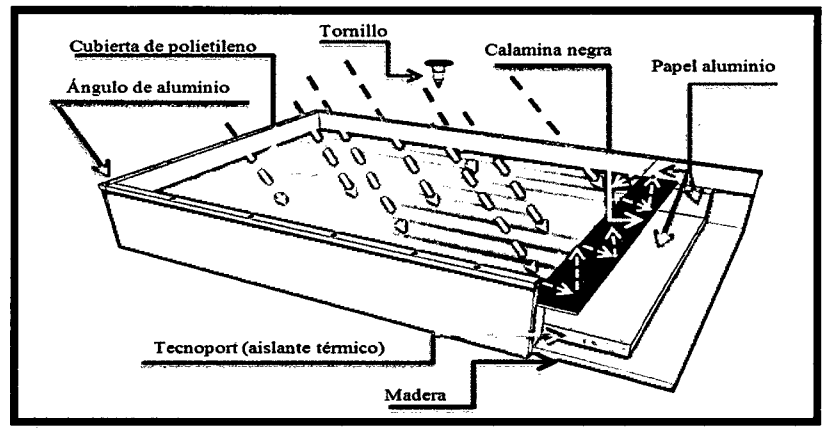


Figura 1. Partes de un colector solar

2.2.1.2 Cámaras de secado

Es una estructura de madera con techo en forma de arco y paredes verticales, cuerpo rectangular de 0,72 m de ancho; m 0,85 m de largo y 0,35 m de altura. Una de las cámaras se cubrió con manta translúcida y otra con manta negra, en ambas cámaras a una altura de 0,15 m se colocó una bandeja con marcos de madera y malla de acero inoxidable en donde se colocó el producto a secar.

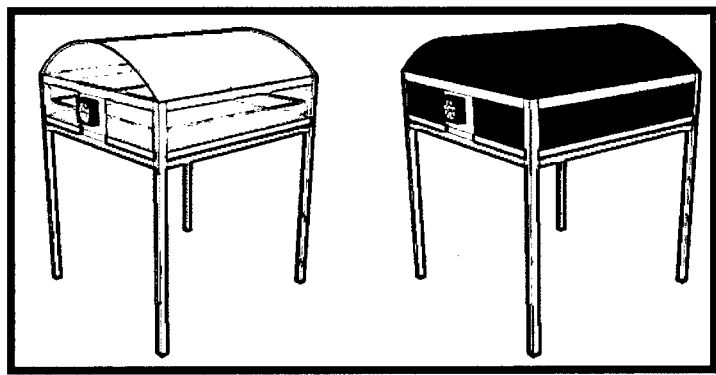


Figura 2. Cámaras de secado con cubierta translúcida y otra negra

2.2.1.3 Extractor

Los extractores utilizados en ambos secadores fueron ventiladores de 12 voltios de computador; pero instalado en los secadores de manera invertida para que pueda jalar aire desde la entrada del

colector y arrastrar el aire más agua en forma de vapor de la cámara hacia el exterior.

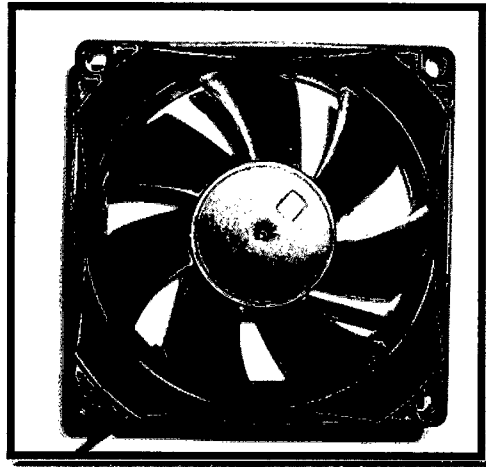


Figura 3. Extractor de 12 Voltios

2.2.2 Dimensiones del secador solar

2.2.2.1 Elección del tipo de secador

Se ha decidido utilizar un extractor en cada secador con la intención de facilitar la circulación del aire y evacuar la humedad del producto y de la cámara de secado, en las que se decidió utilizar dos tipos de cubiertas para determinar el efecto de cada una de ellas sobre la velocidad de secado y además la influencia de ellas en las características fisicoquímicas de la carne.

Para poder diseñar y determinar las medidas de los secadores se tomó en cuenta lo siguiente:

Condiciones de operación

- Circulación del aire: natural o forzado
- Periodo de operación en el año
- Lugar de operación

Parámetros meteorológicos

- Radiación solar
- Humedad relativa
- Temperatura ambiente

2.2.2.2 Dimensiones de la cámara de secado

El tamaño de la cámara se determinó en función al tamaño de la bandeja y, ésta en función al número y tamaño de muestras.

Asumiendo que cada muestra de carne tiene 15 cm de ancho y 20 cm de largo con 400 g de peso, en cada bandeja debe colocarse 12 muestras. Con una separación entre muestras de 3 cm al ancho y 5 cm a lo largo de la bandeja como se muestra en la Figura 4.

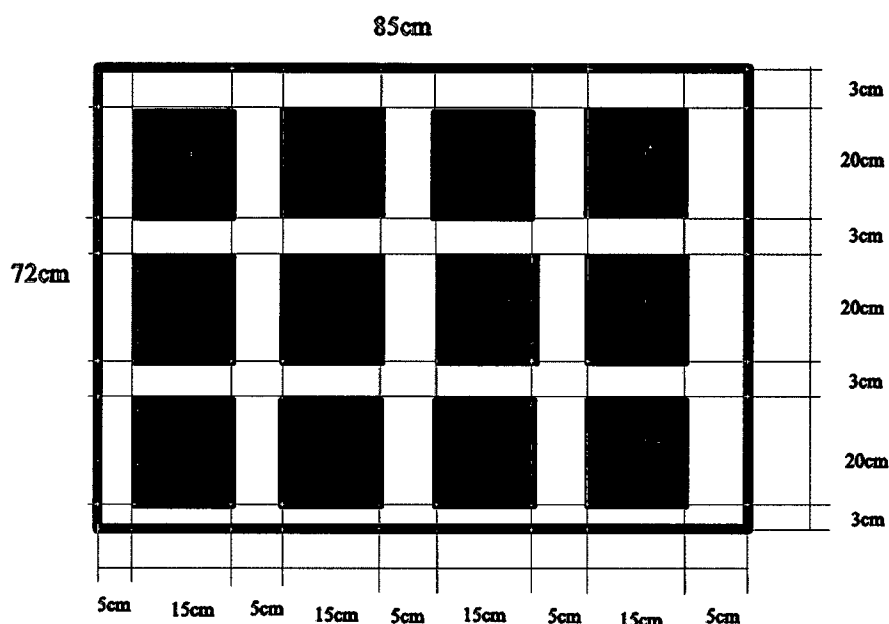


Figura 4. Ubicación de las muestras en la bandeja.

2.2.2.3 Dimensiones del colector solar de placa plana

a. Determinación del flujo másico

Para carne de ganado vacuno de masa "m"

- Contenido de humedad inicial de la carne
- Contenido de humedad después del oreo
- Humedad final de la carne

Cantidad de agua a evaporar (Gonzales, 2008)

$$a_{\text{agua}} = (H_{\text{inicial } bs} - H_{\text{final } bs}) * (1 - \%H_{\text{inicial } bh}) *$$

Cantidad (Kg)

b. Cálculo del número de Reynolds

$$N_{re} = \frac{\rho * Dh * v}{\mu}$$

Donde:

ρ : Densidad

Dh: diámetro hidráulico del colector solar

V: velocidad

μ : viscosidad

c. Cálculo del número de Nusselt

Asumimos la T° de la superficie absorbente (tp)

Asumimos la T° de la superficie inferior (tr)

Para aire turbulento se utiliza la siguiente formula:

$$N_{NU} = \frac{hL * Dh}{K} = 0.027 * N_{re}^{0.8} * N_{pra}^{\frac{1}{3}}$$

Dónde: N_{NU} : N° de Nusselt

hL : Coeficiente de transferencia de calor

Dh : Diámetro hidráulico

N_{pra} : Número de Prandtl

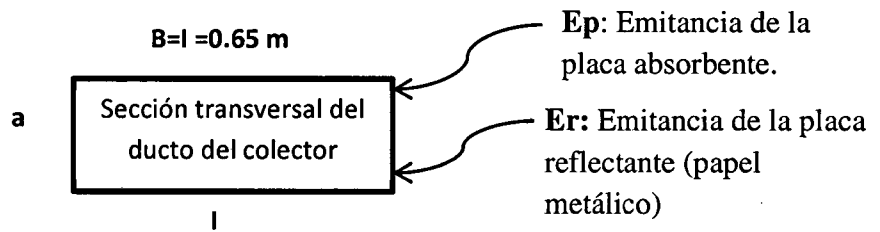
K : Conductividad térmica del tecknoport

El número de Reynolds (Nre) y el número de Prandtl (Npra) se calcula a la temperatura tf donde:

$$t_f = 0.5(t_b + t_p)$$

$$t_b = 0.5(t_1 + t_2)$$

d. Cálculo del coeficiente de emisividad (E)



$$E = \frac{1}{\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_r} - 1}$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{0.97} + \frac{1}{0.2} - 1}$$

e. Cálculo del coeficiente radiactivo equivalente (h_r)

$$h_r = 4\sigma * \bar{T}^3 * \frac{1}{B} * E$$

Dónde:

σ : Constante de Boltzman = $5.67 * 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$

B : 0.65 m

$$\bar{T} = \frac{t_p + t_r}{2} + 273$$

Donde:

t_p : temperatura de la placa absorbente

t_r : temperatura de la placa metálica

$$h_r = 4\sigma * \bar{T}^3 * \frac{1}{B} * E$$

f. Cálculo del coeficiente efectivo de transferencia de calor entre la lamina absorbente y el flujo de aire (h)

Para el cálculo se considera; $h_2 = h_3$

$$h = h_2 + \frac{1}{\frac{1}{h_3} + \frac{1}{h_r}}$$

g. Coeficiente de transferencia de calor entre la calamina absorbente y el medio ambiente (ut)

$$UT = \left[\frac{N}{\frac{344}{TP} * \frac{(TP - TA)^{0.31}}{N + Fc}} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma(TP + TA)(TP^2 + TA^2)}{(EP + 0.0425(1 - EP)N)^{-1} + \frac{(2N + Fc - 1)}{Ec} - N} \right]$$

Donde:

EP: Emitancia de la placa o superficie absorbente

σ : constante de Boltzman: $5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

TP: T° de la placa absorbente calamina

TA: T° ambiente

Ec: Emitancia de cubierta transparente

N: número de cubiertas

h_w : $4.5 + 3.8 * \text{Velocidad}$

Fc: $(1 - 0.44 * h_w + 5 * 10^{-4} * h_w^2) * (0.058 * N)$

h. Coeficiente de conducción del aislamiento (Ub)

$$Ub = \frac{K * I}{e}$$

Donde:

I: No se utiliza ya que no existe incidencia de radiación sobre el aislante

K: Conductividad térmica del tecknoport

e : espesor del aislante

i. Coeficiente global de transferencia de calor (ui)

$$UI = Uf + Ub$$

j. Factor de eficiencia del absorbente (F^l)

$$F^l = \frac{1}{1 + \frac{UI}{h}}$$

2.2.2.4 Declinación solar y pendiente de los colectores

En el estudio de los procesos térmicos solares es muy importante el medio de captación de la energía solar, ya que con base en esto se puede diseñar un sistema que opere utilizándola y aprovechando el mayor porcentaje posible. Para recolectar la mayor cantidad de energía radiante procedente del sol, es necesario contar con un sistema de colectores que ofrezcan su cara perpendicular a la incidencia de los rayos solares, a la hora en que el sol se encuentra en su posición más alta sobre el meridiano local (12 horas tiempo solar).

La relación geométrica entre un plano con cualquier orientación particular relativa a la tierra a cualquier hora y la radiación solar incidente, esto es, la posición del sol con respecto a ese plano, se puede describir en términos de ángulos. (Figura 5).

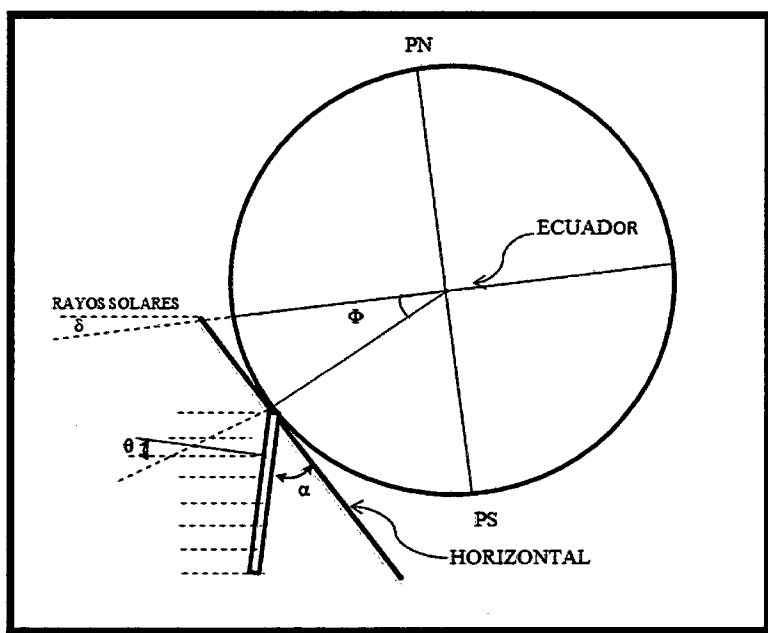


Figura 5. Declinación de colectores según latitud (Paz, 2006)

Los ángulos de la Figura 5 se puede definir como:

Φ : Latitud

δ : Declinación (posición angular del sol al mediodía solar con respecto al plano del ecuador)

α : El ángulo entre la horizontal y el colector (pendiente)

θ : El ángulo de incidencia de la radiación. Este ángulo se mide con respecto a la normal.

Tabla 2: Ángulos de declinación del sol promedio mensuales.

Mes	Ángulos
Enero	-21°08'
Febrero	-13°13'
Marzo	-14°7'
Abril	9°55'
Mayo	19°05'
Junio	23°20'
Julio	21°23'
Agosto	13°46'
Septiembre	2°53'
Octubre	-8°51'
Noviembre	-18°36'
Diciembre	-23°19'

Fuente: FAO citado por Paz, (2006).

Ángulos de inclinación de los colectores solares planos

En el colector solar de superficie plana su inclinación depende de la época del año y de la latitud de la ubicación. La inclinación óptima diaria de un colector solar, se puede determinar en función del ángulo de declinación diaria del sol y de la latitud (Paz, 2006).

$$\alpha = \Phi - \sigma \quad \text{En el hemisferio Norte (Ecuación I)}$$

$$\alpha = \Phi - \delta \quad \text{En el hemisferio Sur (Ecuación II)}$$

Respecto a la latitud de la zona, se presume un valor positivo para el hemisferio norte y un valor negativo para el hemisferio sur.

El cálculo de inclinación óptima de un colector para secado de granos se puede simplificar, puesto que la instalación se ocupa en determinados meses del año solamente. Así, se calcula la inclinación óptima aproximada del colector, mediante la ecuación I o II y tomando como base el valor de la declinación media mensual (Tabla 2) en los meses del periodo de secado.

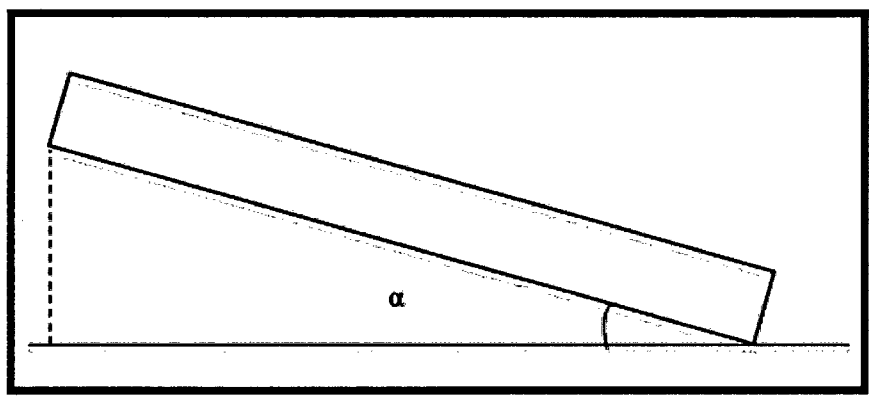


Figura 6. Ángulo de inclinación del colector

2.2.2.5 Cálculo de eficiencia real del colector

Eficiencia del colector (η_c) según (Gudiño *et al.*, 1995)

$$\eta_c = \frac{Q_{UTIL}}{H_T * A_c}$$

Donde:

Q_{UTIL} : Calor útil (W)

H_T : Radiación Solar (W/m^2)

A_c : Area del colector (m^2)

Sabemos que:

$$Q_{\text{ABSORBIDO}} = Q_{\text{UTIL}} + Q_{\text{PERDIDO}} + \frac{dv}{dt}$$

$$Q_{\text{ABSORBIDO}} : (\text{W})$$

$$Q_{\text{UTIL}} : (\text{W})$$

$$Q_{\text{PERDIDO}} : (\text{W})$$

$$\frac{dv}{dt} : \text{Rapidez de cambio de energía es despreciable.}$$

$$Q_{\text{UTIL}} = Q_{\text{ABSORBIDO}} - Q_{\text{PERDIDO}} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{\text{ABSORBIDO}} = H_t * A_c * \tau * \alpha \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{\text{PERDIDO}} = UL * A_c * (T_{pm} - T_a) \dots\dots\dots (3)$$

Reemplazando (2) y (3) en ec. (1)

$$Q_{\text{UTIL}} = A_c [(H_t * \tau \alpha) - UL(T_{pm} - T_a)] \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$$\tau \alpha = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$UL = UT + Ub + Ue \dots\dots\dots (4.2)$$

UL: Coeficiente de pérdida de calor

UT: Coeficiente de pérdida de calor por convección

Ub: Coeficiente de pérdida de calor por conducción en el fondo del colector

Ue: Coeficiente de pérdida de calor por conducción en los lados del colector.

2.2.2.6 Materiales para calentadores solares de aire

Cubierta transparente

Debe tener las siguientes cualidades

- Resistencia a la degradación por calor, luz y condiciones ambientales
- Alta transmitancia a la radiación solar, baja transmitancia a la radiación infrarroja.
- Bajo costo, fácil transporte y disponibilidad en el mercado local.

Los siguientes materiales son empleados como cubiertas transparentes, según Blaga, citado por Gonzales (2008).

- Plástico en láminas o planchas (1,0 -3,2 mm de espesor).
- PMMA (Polimetacrilato de Metilo), conocido comercialmente como acrílico, Lucite o Plexiglas.
- PC (policarbonato), conocido como Lexan.
- RP (fibra de vidrio reforzado con poliéster).
- Plástico en films (0,025 – 0,0125 mm de espesor).
- PVF (Polivinyl Fluoride), conocido como Tedlar.
- FEP (Propileno – Etileno _ Fluorinado), conocido como Teflón.

- PET (Poli-Terftalato de etileno), conocido como Mylar.
- Polietileno tratado contra la radiación ultravioleta.
- PVC transparente.
- ETFE (Ethylene tetrafluor polymerisate), conocido como Hostafлот.

Aislamiento

El aislante debe cumplir los requisitos de bajo peso, baja conductividad y bajo costo. Entre los materiales usualmente empleados está el teknopor, lana de vidrio, corcho regranulado y poliuretano.

Superficie o placa absorbente

Las cualidades requeridas en este material son: alta conductividad térmica (cobre, aluminio, fierro galvanizado) y alta absorbidad de la radiación solar para lo cual se lo cubre con pintura negro mate.

2.2.3 Instalación de los secadores solares

Las corrientes de aire siempre van con rumbo a las partes altas con abundante vegetación ya que estas tienden a jalar dióxido de carbono.

Los colectores solares se deben instalar con la cara al sur si nos encontramos en el hemisferio norte y al norte si deseamos instalar en el hemisferio sur (Paz, 2006).

2.2.3.1 Instalación con respecto a la corriente de aire

Los secadores solares fueron instalados en la azotea de una casa en la ciudad de Chachapoyas, la circulación de aire fue forzada por un extractor orientando la circulación al cerro Puma Urco para que ayude al extractor ya se comprobó que la corriente de

aire era con esa dirección coincidiendo a lo que menciona la teoría que los bosques jalar el dióxido de carbono y por ende a ese lugar se enrumban las corrientes de aire.

2.2.3.2 Instalación con respecto a la radiación solar

Para la orientación de la cara del colector se utilizó una brújula y se lo orientó al norte para poder captar la mayor cantidad de radiación solar.

En la presente investigación tanto para la corriente de aire y la orientación de la radiación solar fue favorable ya que el cerro Puma Urco está al sur y es hacia donde corre el aire y la inclinación del ángulo del colector es también hacia allí, de tal manera que la cara del colector fue ubicada al norte para captar la mayor cantidad de radiación solar (Figura 7).

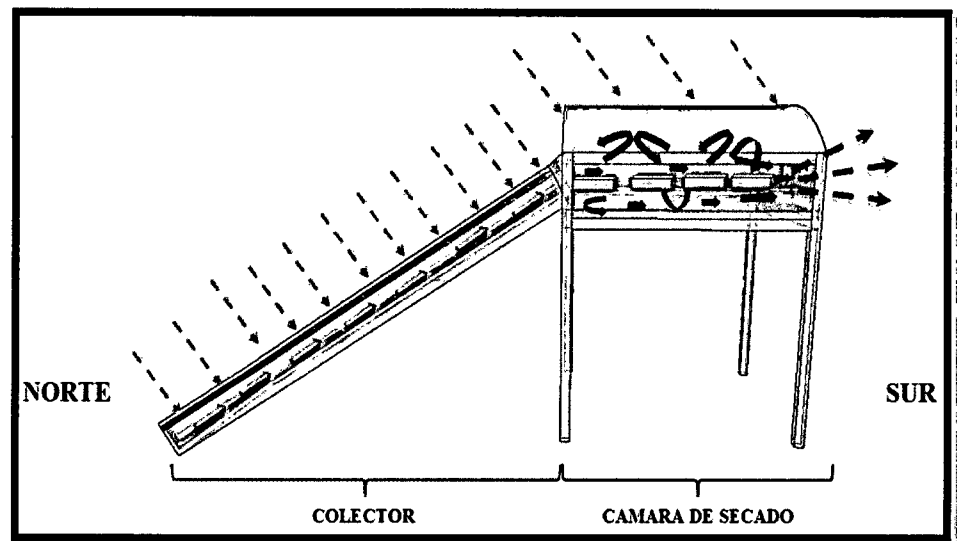


Figura 7. Instalación de secadores respecto a la radiación solar y corriente de aire.

2.3 Obtención de la cecina de ganado vacuno

Para la elaboración de cecina de res se aplicó el procedimiento esquematizado en la Figura 8, que se describe a continuación:

Recepción

Se trabajó con lomo de ganado bovino (*Bos taurus*) recién sacrificado en el camal municipal de Chachapoyas, sin hueso y de color característico, una parte de ella fue llevada al laboratorio para los análisis fisicoquímicos.

Pesado

Se pesó la carne a procesar.

Desgrasado

Se retiró la mayor cantidad de grasa visible del músculo.

Fileteado

Una vez obtenida la carne se procedió a rebanar o filetear, de acuerdo a lo requerido (4, 6 y 8 mm de espesor) para el trabajo de tesis.

Lavado I

Después del fileteado se realizó un lavado para eliminar restos de sangre y sustancias extrañas.

Macerado en salmuera

Se realizó la maceración de la carne fileteada durante 12 horas, en salmueras con concentraciones de 20, 25 y 30%.

Lavado II

Se realizó esta operación para eliminar restos de sal y sangre.

Resalado

Se realizó un cubrimiento de la parte exterior de los filetes con sal finita en un balde con 2 % de sal con respecto a la cantidad de carne.

Apilado o prensado

El proceso consistió en preparar un recipiente plástico (bañador), se esparcirá con la mano el fondo del recipiente con una capa de sal, la que fue cubierta con la carne rebanada o fileteada, se colocó otra capa de sal a la carne y así sucesivamente hasta terminar con la carne fileteada, la carne apilada permaneció por un tiempo de 30 minutos.

Secado

Se colocó en las bandejas, 12 muestras en cada uno de los dos tipos de secador solar (con cámara de secado negra y el otro translúcida), sobre bandejas de malla de acero inoxidable, para asegurar la circulación del aire, los pesos de la carne se midieron cada 2 horas de secado.

Envasado

La cecina se envasó en bolsas plásticas transparentes biodegradables herméticas, que no transmita contaminación y permita su conservación, tenga buena presentación y conserve su calidad.

Luego del envasado las muestras fueron llevadas al laboratorio para los análisis respectivos.

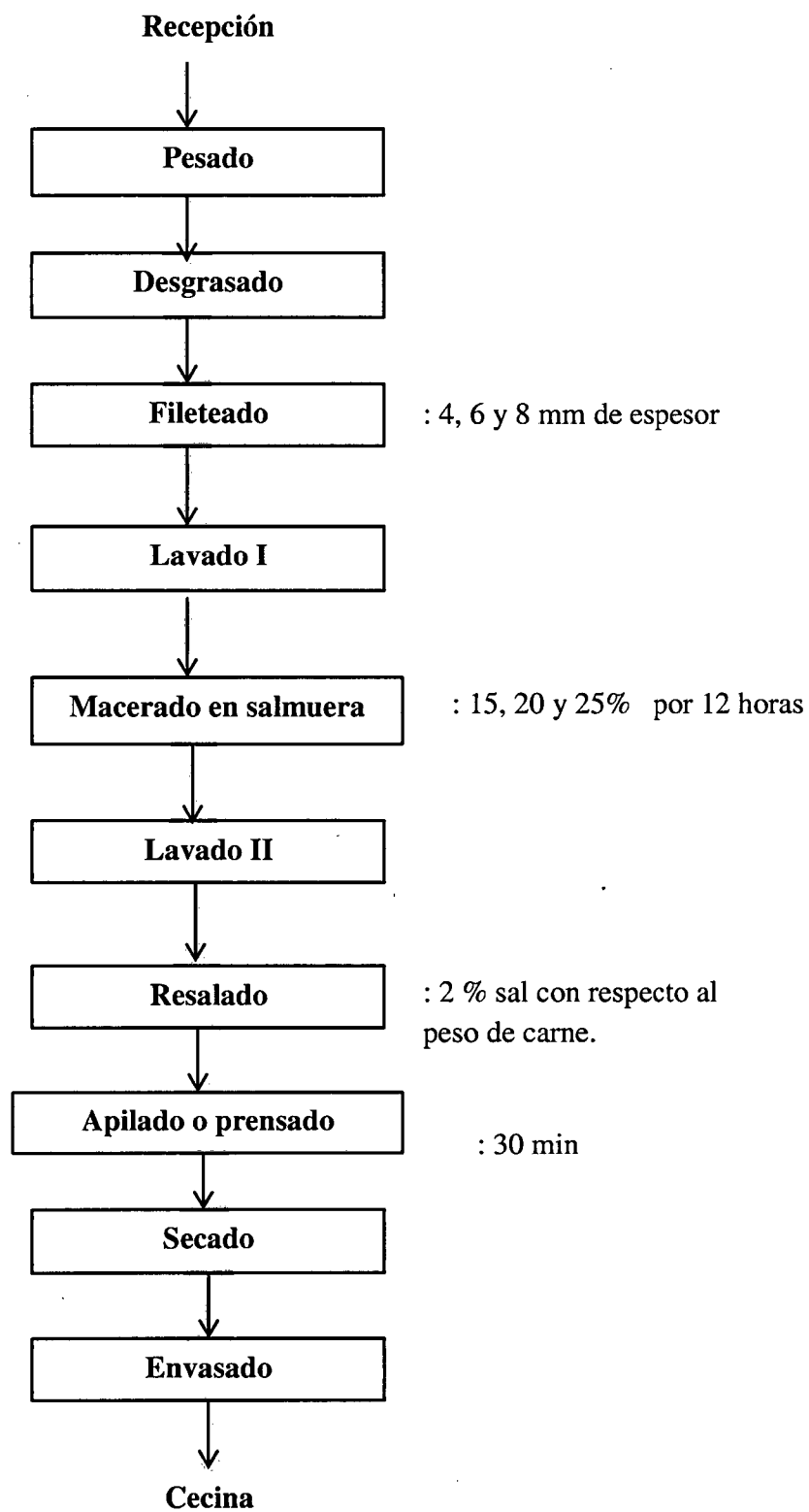


Figura 8. Diagrama de flujo para elaboración de cecina de ganado vacuno.

2.4 Métodos de análisis fisicoquímico

2.4.1 Características fisicoquímicas

Se realizó un análisis fisicoquímico a la carne antes de iniciarse el proceso de secado en el secador solar, finalizado este proceso se realizó los análisis fisicoquímicos de la cecina teniendo en cuenta el tiempo de secado, se consideró desde las 7:30 am hasta las 5:30 pm, ya que son las horas en que hay radiación solar.

a) Cenizas

Se pesó un crisol (W1), luego se colocó una muestra de carne de 2 a 5 g y se pesó (W2), enseguida se colocó el crisol en una cocina eléctrica para proceder a calcinarlo, luego se colocó las muestras calcinadas en una estufa a 105 °C al punto que toda la muestra se haya convertido en ceniza, luego se retiró la muestra, se dejó que enfrié, procediendo medir el tercer peso (W3).

Para calcular el porcentaje de cenizas en base al peso inicial se procederá a utilizar la siguiente ecuación.

$$\% \text{ ceniza} = \frac{W3 - W1}{W2 - W1} * 100$$

b) Humedad

Se realizó con analizador automático de humedad, para lo cual se pesó la muestra dentro de un rango de 1 – 1,5 g procediendo a colocar en el analizador automático. Se midió el porcentaje de humedad a una temperatura de 120°C, hasta que suene la alarma, dando el porcentaje de humedad.

c) pH

Se pesó 10 gramos de muestra en un vaso de precipitación previamente tarado. La muestra fue finamente picada, se añadió 90 mL de agua

destilada, se maceró por una hora, luego se filtró la mezcla, al cabo del cual se efectuó la lectura con un pH-metro.

d) Acidez titulable

Se picó finamente la muestra, se colocó 10 g en un vaso de precipitado de 250 mL, se agregó 100 mL de agua destilada, se agitó la muestra con una varilla de vidrio, pasando a filtrar la solución con papel filtro; se recogió el filtrado en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, de la que se tomó 50 mL con una pipeta volumétrica y colocó en un matraz Erlenmeyer, se añadió tres gotas de solución de fenolftaleína. Se tituló con solución de NaOH 0,01 N. Ésta determinación se realizó por triplicado y el promedio de ello se tomó como dato.

Se expresó el resultado como porcentaje (%) de ácido láctico.

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{V \cdot N \cdot 0.09008 \cdot 100}{p}$$

Dónde:

V: mL de solución de NaOH gastados en la titulación

N: normalidad de la solución de NaOH

0,09008: mili equivalente de ácido láctico (peso molecular/litro)

P: peso de la muestra (g)

e) Grasa total

Método Soxhlet

Se realizó una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calentó, se volatilizó y condensó, goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste fue sinfoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantificó por diferencia de peso.

Se desecó el balón en la estufa a 110°C, se enfrió el balón en una campana de desecación, se pesó el balón frío (P1), se pesó 5 g de muestra (P2), dicha muestra se empaquetó en papel filtro y se colocó en el cuerpo del aparato Soxhlet, en cuyo balón se depositó 150 mL de disolvente, se conectó la fuente de calor, luego se procedió a controlar durante tres horas, finalmente se retiró el balón con la mezcla grasa y disolvente. Se colocó el balón en una fuente de calor para evaporar el disolvente sobrante, y luego se pasó a enfriar y pesar el balón (P3).

Se expresó el porcentaje (%) de grasa del balón según la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P3 - P1}{P2} * 100$$

Donde.

P1: Peso del balón vacío (g)

P2: Peso de la muestra (g)

P3: Peso del balón con la muestra extraída (g)

f) Proteína

Método de Kjeldahl

Se utilizó el método de Kjeldahl que consta de tres etapas: digestión, destilación y titulación.

1. Digestión

Se encendió el equipo de digestión MBC/02 y se seleccionó a 420 °C que será la temperatura de trabajo. Después se colocó dentro del tubo del equipo 1 g de muestra (W), 5 g de catalizador y 15 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó los tubos al sistema calefactor cuando este ha alcanzado la temperatura de trabajo, y luego se esperó el tiempo de 45 minutos a 1 hora hasta que termine la

digestión, el material que contenía el tubo se tornó de color verde esmeralda translucido, lo que indicó el final de la digestión.

2. Destilación

Se colocó el tubo de muestra en el soporte del destilador de nitrógeno, para luego en un matraz de 150 mL agregar 25 mL de solución (ácido bórico e indicador mixto) y se sumergió en este el tubo de salida del destilador, se programó en 2 minutos de reloj controlador de NaOH y se procedió a presionar el botón START del equipo, se agregó automáticamente 80 mL de NaOH al tubo de muestra, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.

Se programó en 8 minutos el reloj controlador de destilación y se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la destilación de la muestra durante el tiempo programado, pasado este tiempo regresó el reloj a cero

El producto de la destilación se recogió en un matraz hasta un volumen de 150 mL, en la que tomó una coloración verde claro.

Se programó en 10 minutos el reloj controlador de succión y se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la succión del residuo contenido en el tubo de muestra durante el tiempo programado, pasado el tiempo se regresó el reloj a cero.

Se llenó el tubo de muestra con agua destilada y se repitió el paso anterior, luego se retiró el matraz del equipo para realizar la titulación.

3. Titulación

Se llenó la bureta con HCl 0,25N para la titulación hasta un viraje de color palo rosa.

Se calculó el porcentaje (%) de nitrógeno (N) mediante la siguiente ecuación.

$$\% N = \frac{0.014 \cdot V \cdot N}{W} * 100$$

Donde.

N: Contenido de Nitrógeno (%)

V: Volumen gastado de HCl (mL)

W: Peso de la muestra (g)

Se calculó el porcentaje de proteína mediante la siguiente ecuación.

$$\% Proteina = \%N * f$$

Donde.

f: Factor para cada alimento

2.5 Análisis de datos

2.5.1 Evaluación fisicoquímica de cecina de ganado vacuno (*Bos taurus*)

Los datos obtenidos de las pruebas fueron sometidos a un diseño factorial (2A*3B*4C) bajo un DCA con 3 repeticiones, ANOVA, prueba de comparaciones de medias, teniendo en cuenta los siguientes indicadores para medir las variables respuesta.

Factor A: Se utilizó dos secadores solares, cada secador con su respectivo colector, que tengan las mismas características y las cámaras de secado se consideró dos características como:

A₁: Translúcida

A₂: Negra

Factor B: Los espesores de fileteado del corte de lomo de carne de ganado vacuno (*Bos taurus*):

B₁: 4 mm

B₂: 6 mm

B₃: 8 mm

Factor C: La concentración de salmuera que se aplicó a la carne fileteada tuvo en los siguientes porcentajes:

C₁: 0 %

C₂: 15 %

C₃: 20 %

C₄: 25 %

2.5.2 Modelo aditivo lineal para la evaluación fisicoquímica

$$y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

i = 1, 2

j = 1, 2, 3

k = 1, 2, 3, 4

m = 1, 2, 3 (repeticiones)

Donde:

y_{ijklm} = El efecto del secado de carne para cecina de ganado vacuno (*Bos taurus*) m-ésimo muestra de carne correspondiente al ajuste del i-ésimo tipo de cámara de secado, j-ésimo espesor de fileteado, k-ésimo porcentaje de salmuera.

μ = Efecto de la media general

A_i = Efecto del i-ésimo tipo de cámara de secado

B_j = Efecto del j-ésimo espesor de fileteado

C_k = Efecto de la k-ésimo porcentaje de salmuera

AB_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de cámara de secado y j-ésimo espesor de fileteado

AC_{ik} = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de cámara de secado y k-ésimo porcentaje de salmuera

BC_{jk} = Efecto de la interacción del j-ésimo espesor de fileteado y k-ésimo porcentaje de salmuera

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de cámara de secado, j-ésimo espesor de fileteado y k-ésimo porcentaje de salmuera

ε_{ijklm} = Efecto del error experimental

2.5.3 Análisis de varianza (ANOVA)

Comparaciones de medias

Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey, debido a que se utilizó muestra control con un:

Nivel de significancia (α) : 5%

Nivel de confianza (1- α) : 95%

2.5.4 Software utilizado

Para las corridas experimentales se usó el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II

III. RESULTADOS

3.1 Características fisicoquímicas de la carne del lomo de ganado vacuno

Tabla 3. Características fisicoquímicas de carne lomo de ganado vacuno.

Características fisicoquímicas	
pH	6,03
Acidez	0,62
Grasa	3,14
Humedad	74,98
Capacidad de retención de agua	0,3123

Fuente. Análisis realizados en laboratorio de la UNTRM-A

3.2 Características fisicoquímicas de cecina comprada en el mercado modelo de Chachapoyas

Tabla 4. Características fisicoquímicas de cecina comprada en mercado modelo de Chachapoyas.

Características fisicoquímicas	
pH	5,81
Acidez	0,86
Grasa	15,72
Humedad	65,04
Proteína	35,84

Fuente. Análisis realizados en laboratorio de la UNTRM-A

3.3 Secado en secadores solares de cámara translúcida y negra

Ambos secadores se pusieron en funcionamiento en febrero del año 2013, en la ciudad de Chachapoyas. De cada 10 kg de carne fresca se obtuvo 3,04 kg de cecina, se tuvo una merma de 6,96 kg. Los resultados experimentales de las tres repeticiones realizadas para secado mostraban la misma tendencia, por lo que se consideraron únicamente como una confirmación.

En la Tabla 8 (Anexo 9) se aprecian los porcentajes de peso perdido cada 2 horas de las muestras donde B1, B2, y B3 son los espesores de fileteado 4 mm, 6 mm y 8 mm, respectivamente y C1, C2, C3, y C4, son las

concentraciones de salmuera empleadas 0 %, 15 %, 20 % y 25 %, respectivamente.

3.3.1 Pérdida de peso de la carne en secador solar de cámara translúcida

En las Figuras 9, 10 y 11 se observa el comportamiento del porcentaje de peso perdido en función del tiempo de secado, donde se aprecia que a 0 % de salmuera tiene mayor porcentaje de peso perdido en comparación a 15%, 20% y 25%, teniendo la misma tendencia para los diferentes espesores de fileteado (4mm, 6mm y 8mm).

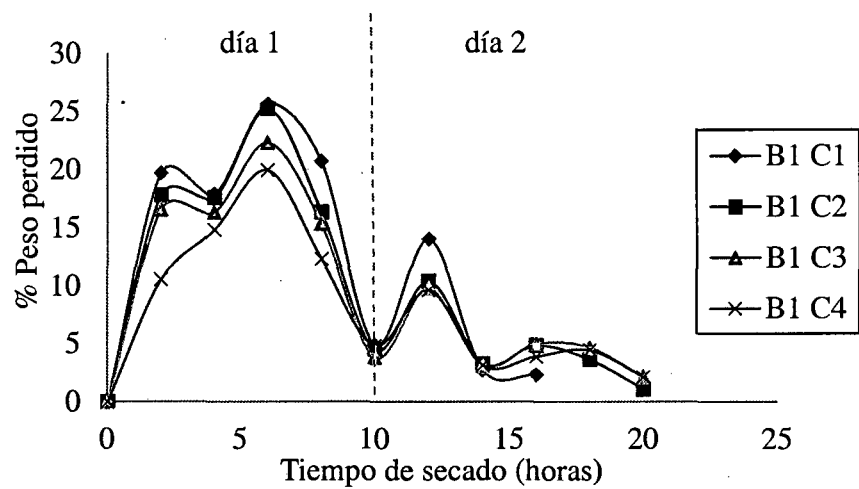


Figura 9. Porcentaje de pérdida de peso para B1 (4 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).

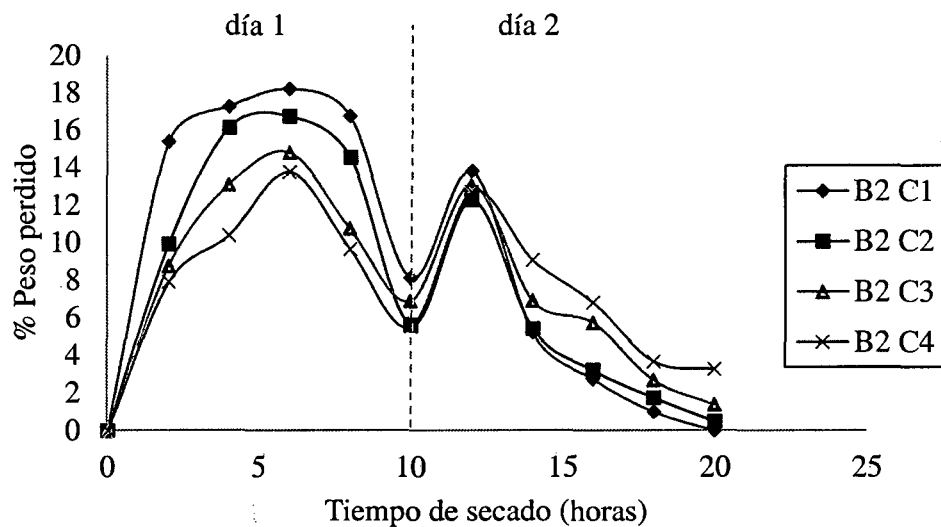


Figura 10. Porcentaje de pérdida de peso para B2 (6 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).

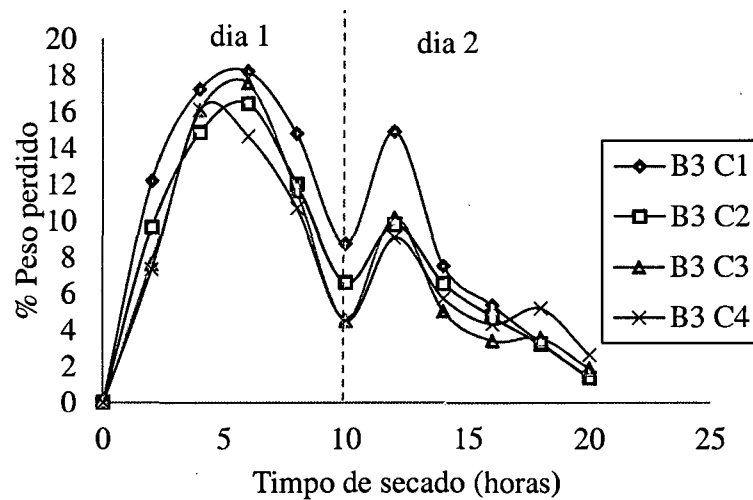


Figura 11. Porcentaje de pérdida de peso para B3 (8 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).

3.3.2 Pérdida de peso de la carne en secador solar de cámara negra

En las Figuras 12, 13 y 14 se observa el comportamiento del porcentaje de peso perdido en función del tiempo de secado, donde se aprecia que a 0 % de salmuera tiene mayor porcentaje de peso perdido en comparación a 15 %, 20 % y 25 %, teniendo la misma tendencia para los diferentes espesores de fileteado (4 mm, 6 mm y 8 mm).

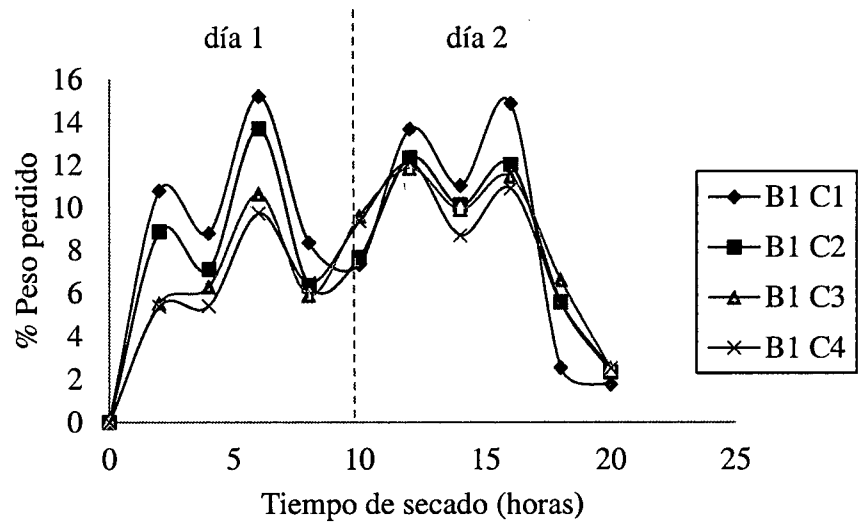


Figura 12. Porcentaje de pérdida de peso para B1 (4 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera C1 (0 %), C2 (15 %), C3 (20 %) y C4 (25 %).

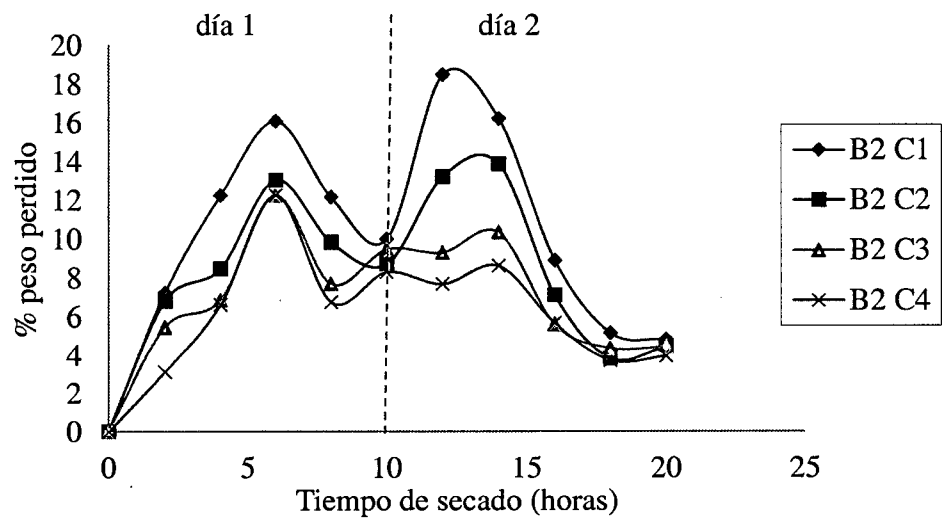


Figura 13. Porcentaje de pérdida de peso para B2 (6 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde C1 (0%), C2 (15%), C3 (20%) y C4 (25%).

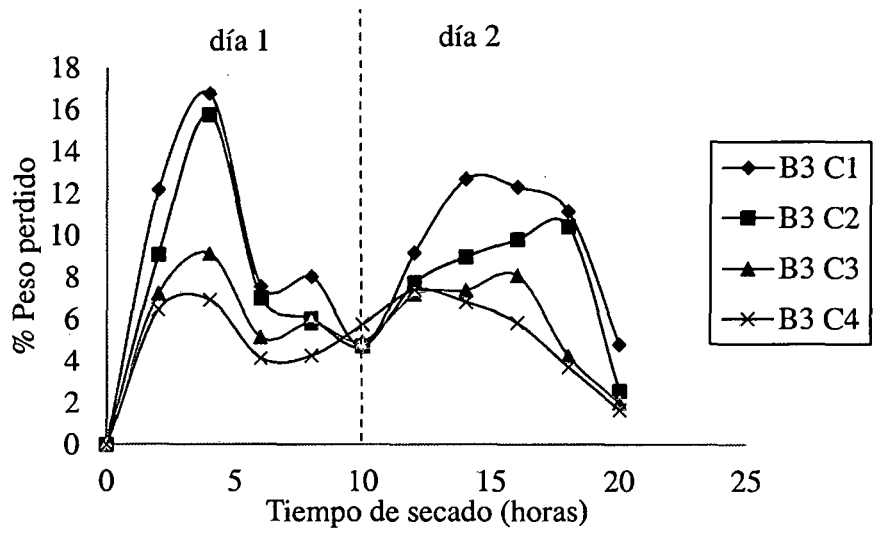


Figura 14. Porcentaje de pérdida de peso para B3 (8 mm de espesor de fileteado de carne) y las concentraciones de salmuera donde C1 (0 %), C2 (15 %), C3 (20 %) y C4 (25 %).

3.3.3 Pérdida de peso en función del tipo de cámara de secado

En la Figura 15 se tiene porcentaje de peso perdido en función del tipo de cámara de secado. Existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% (Anexo 10.1).

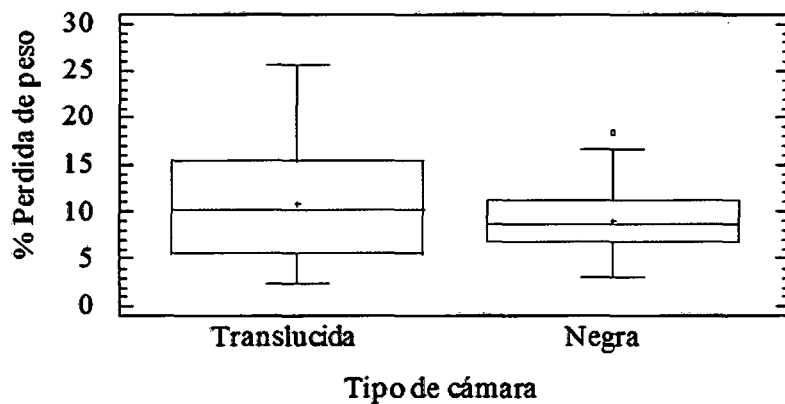


Figura 15. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs tipo de cámara de secado.

3.3.4 Pérdida de peso en función del espesor de fileteado

En la Figura 16 se tiene porcentaje de peso perdido en función del espesor de fileteado. Existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% para los fileteados de 4 mm y 8 mm de espesor, teniendo el secado en menor tiempo para fileteado de 4 mm de espesor en comparación a los otros (Anexo 10.2).

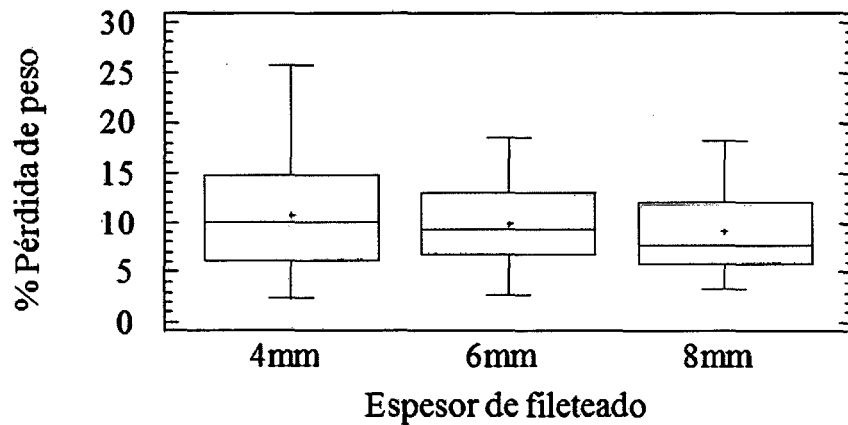


Figura 16. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs espesor de fileteado.

3.3.5 Pérdida de peso en función de concentración de la salmuera

En la Figura 17 se tiene % de peso perdido en función de la concentración de salmuera. Existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% para cuatro pares 0% y 15%, 0% y 20%, 0% y 25%, 15% y 25%, de concentraciones de salmuera, en el que se observó que a 0% y 15% se tiene mayor % de peso perdido y por ende se secó en menor tiempo con respecto a los demás (Anexo 10.3).

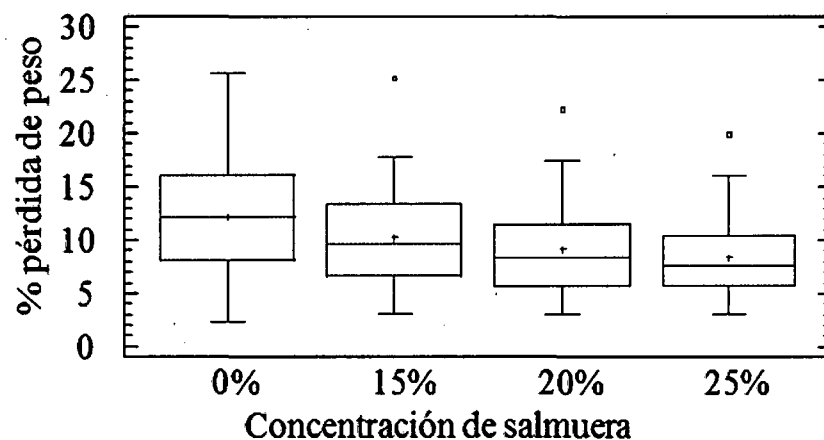


Figura 17. Porcentaje de pérdida de peso de la carne vs concentración de salmuera.

3.4 Contenido de proteína

Las evaluaciones de proteína se realizaron para muestras de menor tiempo de secado, por lo que se tomó a las muestras de 4 mm (B1) de espesor de fileteado en 0% (C1), 15% (C2), 20% (C3) y 25% (C4) de concentración de salmuera, secado en dos secadores solares diferente de cámara de secado.

Tabla 5. Contenido de proteínas en muestras de cecina de ganado vacuno.

Muestras	% de proteína	
	Secado en cámara translúcida	Secado en cámara negra
B1C1	77,71	77,28
B1C2	47,62	47,98
B1C3	50,60	42,76
B1C4	51,85	48,23

Resultado emitido por el laboratorio de evaluación nutricional de alimentos de UNALM.

3.4.1 Contenido de proteína en función del tipo de cámara de secado

En la Figura 18 se tiene porcentaje de proteína en función al tipo de cámara de secado, donde no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95%, comparando las cámaras de secado translúcida y negra, (Anexo 10.4).

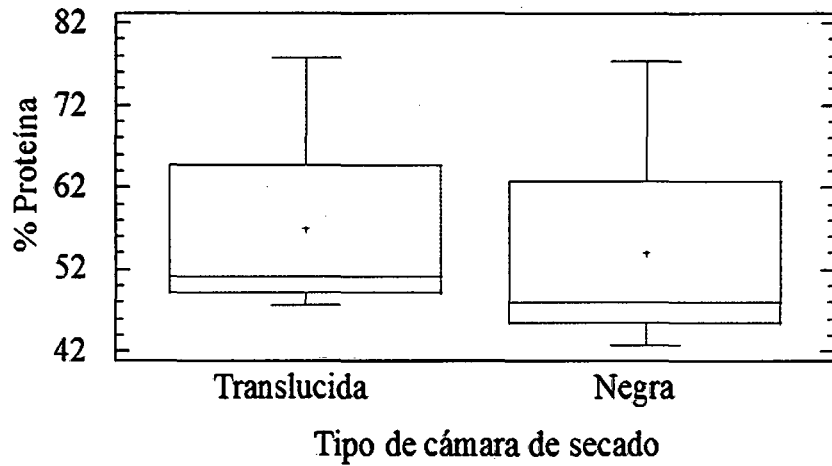


Figura 18. Porcentaje de proteína vs tipo de cámara de secado (translúcido y negra).

3.4.2 Contenido de proteína en función de la concentración de salmuera

En la Figura 19 se tiene porcentaje de proteína en función de concentración de salmuera. Existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% para tres pares 0% y 15%, 0% y 20%, 0% y 25% de donde 25%, 15% y 20% son grupos homogéneos en concentración de proteína (Anexo 10.5).

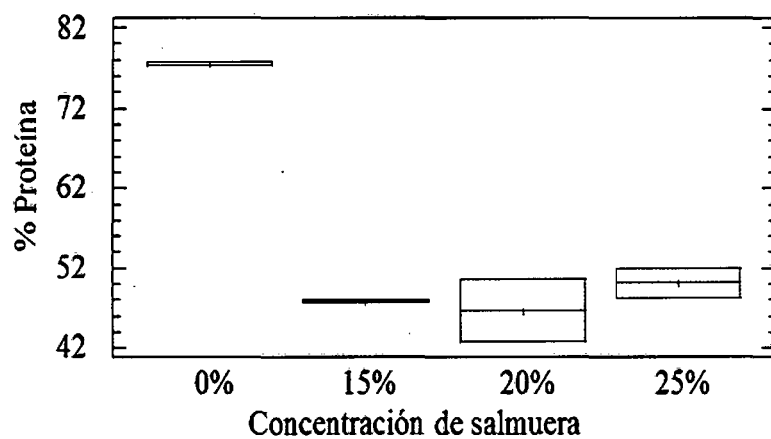


Figura 19. Porcentaje de proteína vs concentración de salmuera.

3.5 Contenido de grasa

Tabla 6. Contenido de grasa en cecina de ganado vacuno.

Muestras	% de grasa en muestras	
	Secado en cámara translúcida	Secado en cámara negra
B1C1	11,57	18,06
B1C2	12,78	7,84
B1C3	14,29	15,76
B1C4	10,54	20,90

Resultados obtenidos en laboratorio de la UNTRM - A.

Las evaluaciones de grasa se realizaron en muestras de menor tiempo de secado, por lo que se tomó las muestras de 4 mm de espesor de fileteado en 0, 15, 20 y 25% de concentración de salmuera, secado en los dos tipos de secadores solares.

3.5.1 Contenido de grasa en función del tipo de cámara de secado

En la Figura 20 se tiene porcentaje de grasa en función de tipo de cámara de secado. No existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% (Anexo 10.6).

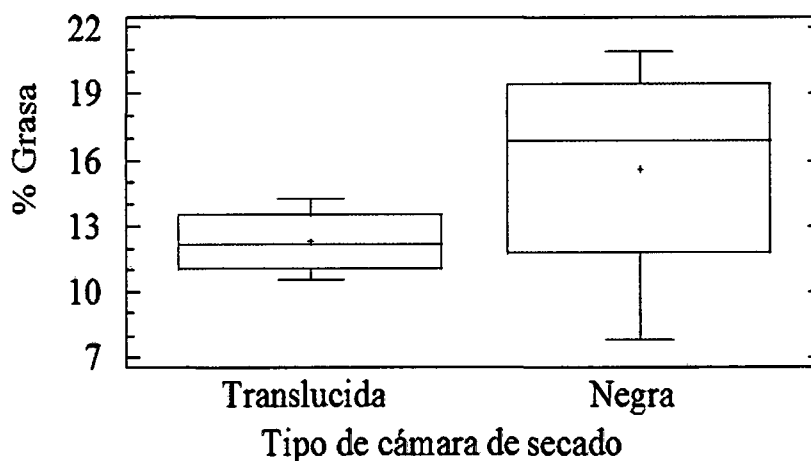


Figura 20. Porcentaje de grasa vs tipo de cámara de secado (translúcido y negra).

3.5.2 Contenido de grasa en función de la concentración de salmuera

En la Figura 21 se tiene porcentaje de grasa en función de la concentración de salmuera. No existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% (Anexo 10.7).

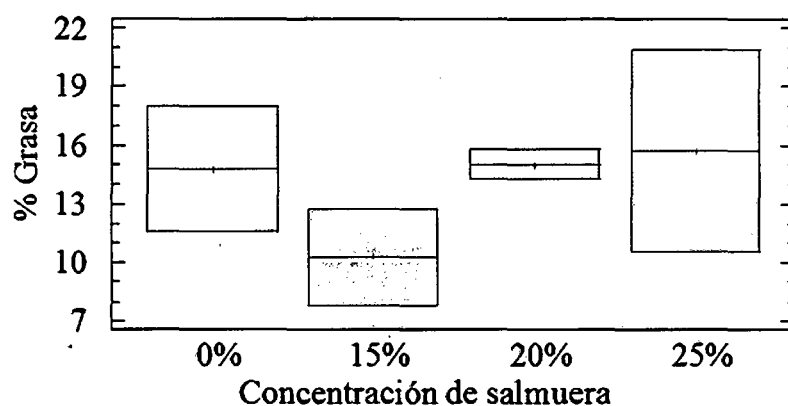


Figura 21. Porcentaje de grasa vs concentración de salmuera.

3.6 pH de la cecina

Tabla 7. pH de cecina de ganado vacuno.

Muestras	pH	
	Secado en cámara translúcida	Secado en cámara negra
B1C1	5,99	6,12
B2C1	5,74	6,16
B3C1	6,29	6,03
B1C2	6,03	5,97
B2C2	6,13	5,97
B3C2	6,31	6,13
B1C3	6,11	6,40
B2C3	6,07	6,13
B3C3	6,05	5,89
B1C4	6,11	5,96
B2C4	6,21	6,05
B3C4	6,40	6,24

Resultados obtenidos en laboratorio de la UNTRM-A.

En las Figuras 22 y 23 se muestra al pH en función del tipo de cámara de secado y concentración de salmuera, respectivamente. No existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% (Anexos 10.8 y 10.9 respectivamente).

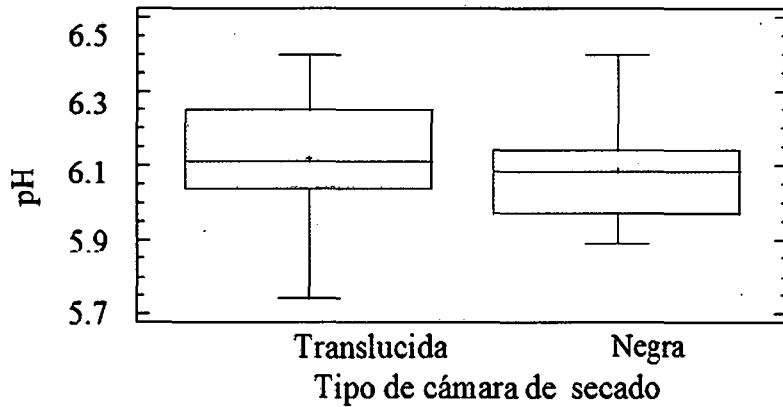


Figura 22. pH vs tipo de cámara de secado

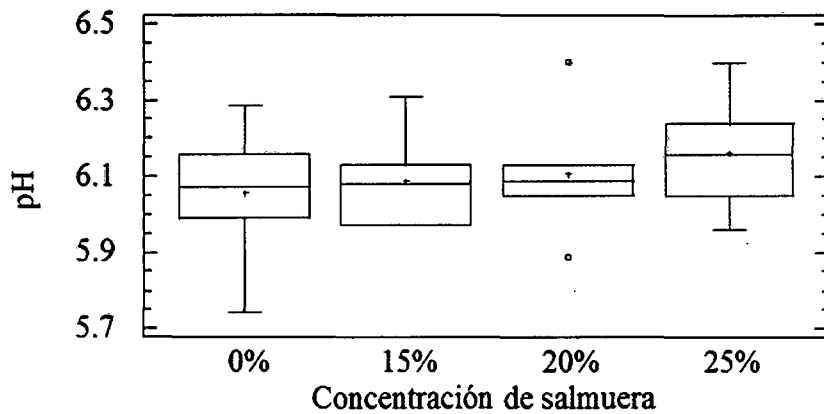


Figura 23. pH vs concentración de salmuera.

3.7 Acidez de la cecina

En las Figuras 24 y 25 se muestra la acidez en función del tipo de cámara de secado y concentración de salmuera, respectivamente. No existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% (Anexos 10.10 y 10.11 respectivamente).

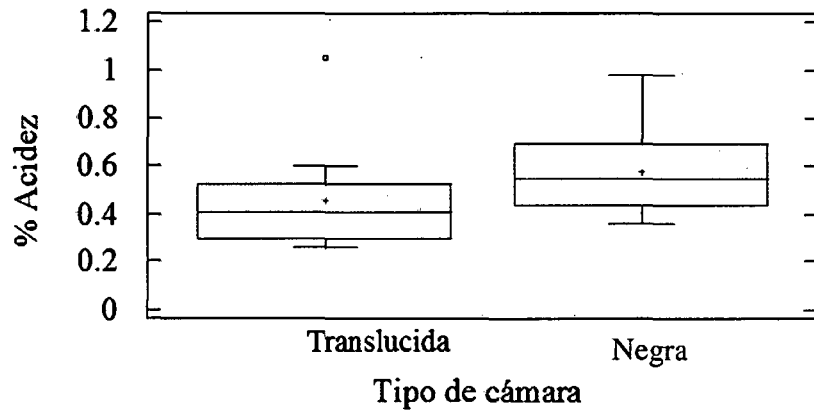


Figura 24. Acidez vs tipo de cámara de secado.

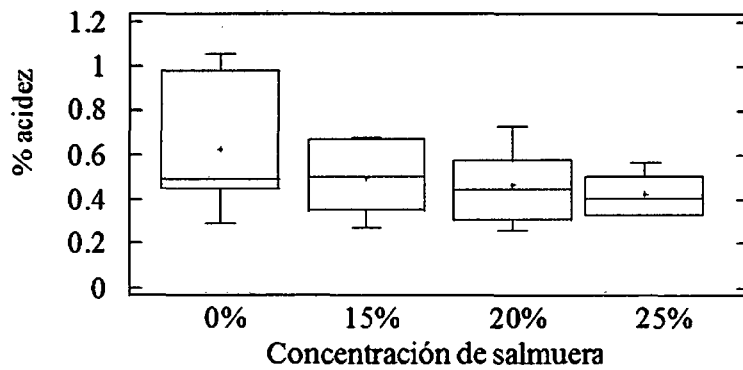


Figura 25. Acidez vs concentración de salmuera.

3.8 Porcentaje de cenizas en la cecina

3.8.1 Ceniza en función del tipo de cámara de secado

En la Figura 26. Se tiene contenido de ceniza en función de tipo de cámara de secado. Donde existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% entre ambas cámaras de secado (anexo 10.12).

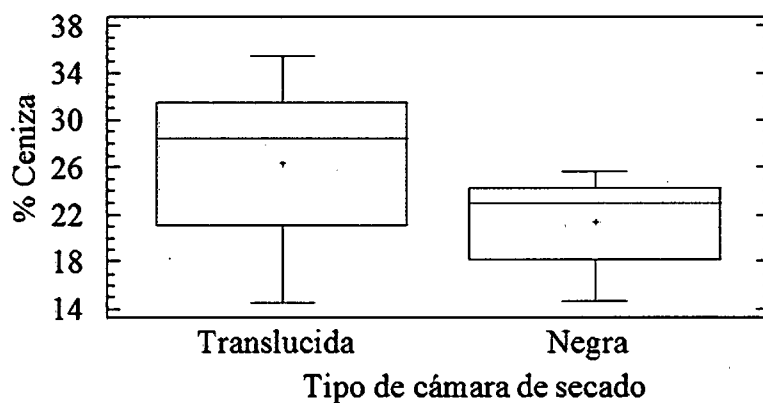


Figura 26. Porcentaje de ceniza vs tipo de cámara de secado.

3.8.2 Ceniza en función de la concentración de salmuera

En la Figura 27 se muestra el contenido de ceniza en función de la concentración de salmuera. Existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95% en cuatro pares 0% y 15%, 0% y 20%, 0% y 25%, 15% y 25% para la concentración de salmuera, teniendo mayor cantidad de cenizas cuando se empleó una concentración de salmuera de 25% en comparación a las demás (Anexo 10.13).

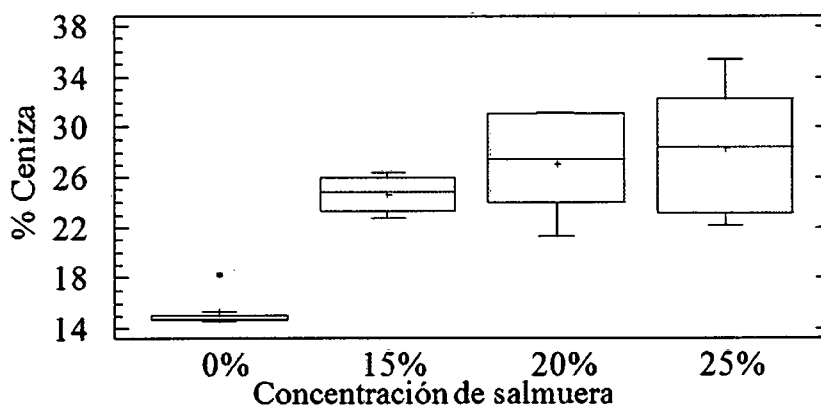


Figura 27. Porcentaje de ceniza vs concentración de salmuera.

IV. DISCUSIÓN

En las Figuras 9 a la 14, las muestras que inicialmente pierden mayor porcentaje de su peso durante las 12 a 14 horas, tienden a bajar su pérdida comparado con el resto, debido a que ya no les queda gran cantidad de agua para perder, mientras que las otras tienen agua en cantidad para perder.

En la Figura 15, se tiene que el secador solar con cámara de cubierta translúcida, seca en menor tiempo, debido a que propicia que la carne pierda mayor porcentaje de peso, con respecto al secador solar con cámara de cubierta negra. Se explica con lo mencionado por Monroy (2006), que superficies transparentes o translúcidas tienen propiedades peculiares de transmisión selectiva ya que su transmitancia a la radiación solar es muy alta pero su transmitancia a la radiación de onda larga es prácticamente nula, lo que produce el llamado efecto invernadero al dejar pasar la radiación solar al interior e impedir la disipación al exterior. Mientras que Betancourt (2004), mencionó que cuando un cuerpo oscuro está en equilibrio con sus alrededores, irradia y absorbe la misma cantidad de energía, por lo tanto su temperatura permanece constante y cuando el cuerpo está más caliente irradia más energía que la que absorbe.

En la Figura 20, se aprecia que el contenido de grasa de la cecina de ganado vacuno elaborada en cámara de secado translúcida es menor que en el de cámara negra. Fischer *et al.* (1994). Menciona que existe deterioro de grasa mediante factores endógenos (humedad, lipasa tisular, ácido graso insaturado, falta de vitamina E) y exógenos (acción de la luz, altas temperaturas, presencia de oxígeno y sal común) a los que denomina factores prooxidativos.

En base a la Figura 17, se puede observar que la mayor concentración de sal en la carne pierda menor cantidad de agua durante el secado. Price y Schweigert (1994), indican que la sal actúa de manera favorable sobre la capacidad de retención de agua de la carne.

La tabla 5, muestra que la carne deshidratada sin sal tiene mayor contenido de proteína y además que la carne deshidratada tratada con salmuera al 15% tiene menor contenido de proteína en comparación al 20% y ésta menor en comparación al 25%, lo que se aprecia en la Figura 19. Sautherland y Varnam (1998), afirman

que la presencia de sal ayuda a solubilizar las proteínas y disminuye las fuerzas de cohesión entre moléculas de proteína por lo que se pierden durante la deshidratación.

La acidez en la cámara de secado de cubierta negra es mayor en comparación a la de cubierta translúcida (Figura 24). Esto se puede comparar con la Figura 22 donde se muestra que la carne secada en la cámara de secado de cubierta negra tiene menor pH, por lo tanto se puede afirmar que la acidez de la carne está en relación inversa con el pH. Esto lo afirman Amézquita *et al.* (2001), quienes concluyen que el descenso del pH es por la degradación del glucógeno después del sacrificio del ganado, originando que aumente la acidez por presencia de ácido láctico.

La cecina obtenida en secador solar de cámara translúcida tiene 47,62% de proteína para fileteado de 4 mm de espesor con inmersión en salmuera de 15% de concentración. La cecina que se comercializa en el mercado modelo de Chachapoyas tiene 35,84% de proteína.

V. CONCLUSIONES

- El secador solar de cámara translúcida seca en menor tiempo la carne de ganado vacuno, manteniendo mejor sus características fisicoquímicas durante la elaboración de cecina.
- La pérdida de peso en carne de 8 mm de espesor de fileteado es menor a 6 mm y ésta es menor a 4 mm, durante la operación de secado.
- El secado de carne de un mismo espesor de fileteado y concentración de salmuera al 0% es en menor tiempo, comparado a 15% y éste es menor a 20% y 25% de concentración de salmuera.
- La cecina de 4 mm de espesor de fileteado secado en un secador solar de cámara translúcida o negra, no tiene diferencia estadísticamente significativa para contenido de proteína.
- El contenido de proteína de cecina cuando se empleó 15, 20 y 25% de concentración de salmuera, no existe diferencia estadísticamente significativa y presentan una media de 48,2% de proteína, mientras que la carne deshidratada sin sal contiene 77% de proteína, mientras que la cecina comprada en el mercado modelo de Chachapoyas tiene 35% de proteína.
- Para el pH, acidez y grasa no existe diferencia estadísticamente significativa para secadores solares de cámara translúcida o negra, a diferentes concentraciones de salmuera.
- El mejor tratamiento para obtener cecina de ganado vacuno de calidad, es empleando secador solar con cámara de secado de cubierta translúcida, con 4 mm de espesor de fileteado e inmersión en salmuera al 15% de concentración.

VI. RECOMENDACIONES

- Usar secadores solares con cámara translúcida para el secado durante la elaboración de cecina de carne de ganado vacuno, ya que seca en menor tiempo y con mejores características fisicoquímicas de la cecina.
- Realizar trabajos de investigación en análisis microbiológico que puedan mejorar la industria cárnica en Chachapoyas especialmente en la obtención de cecina de ganado vacuno.
- Envasar la cecina al vacío para mejor conservación y presentación para su comercialización.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Amézquita C. Alejandro, Arango M. Claudia M., Restrepo D. Renato A., Restrepo M. Diego A., 2001. Industria de carnes, universidad nacional de Colombia sede Medellín. Pág. 76-89
2. Almiroty, Carlos Alberto. 2010. Producción de “snack” en base a carne seca. Las tesis De Belgrano N° 482. Pág.5, 8
3. Barbosa Cánovas, Gustavo; Castillo Ramos, Raúl V; Di Lorenzo Santos; Gonzales Luna, José Alonso; Martínez Contra, Alejandra Sarai; Vega Mercado, Humberto; Villanueva Pérez, Mitzi Aislinn. 2010. Deshidratación de alimentos. Editorial. ACRBIA S.A Zaragoza – España.
4. Barrie, Axtell; Boateng Oti , Peggy. 1997. Técnicas de secado. Editorial UNIFEN. Lima – Perú.
5. Betancourt Grajales Ramiro, 2004. Fenómenos de transferencia - Transferencia molecular de calor, masa y cantidad de movimiento. Pág. 420
6. Castillo, F. 2010. Desarrollo de un prototipo para el secado y cocción solar de alimentos. XXII CONGRESO CUAM- ACMOR. Pág. 1-3.
7. Clemente, G. 2003. Efecto de la Contracción en la Cinética de Secado de Músculos de Jamón. Departamento de Tecnología de Alimentos Universidad Politécnica de Valencia. Pág. 7 – 9, 35, 38, 43.
8. Condori, M. 2002. Diseño y construcción de secadores solares destinados a la producción de carne deshidratada. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6, N° 1, Pág. 1 – 6.
9. Corvalan, R; Horn, M; Roman, R; Saravia, L. 1992. Ingeniería del Secado Solar. CONCIDED-D Programa de Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo. Pág. 5,6,7
10. Curo M. Herve; Huancahuari Y. Eder; Llantoy P. Víctor; Sivipaucar G. Clodoaldo, 2008. Cálculo y construcción de un secador solar por convección natural para el secado de plantas medicinales no tradicionales. Centro de desarrollo e investigación en termofluidos. Lima – Perú. Pág.18 – 24.

11. Díaz M. Ronal y Peláez M. Manolo, 2012. Tesis para obtener el título de ingeniero agroindustrial titulado. “Efecto de la concentración de látex de dos frutas nativas. Papailla (*Vasocellea monoica*) y Babaco (*Carica pentagona*). A diferentes tiempo y temperaturas sobre la carne de ganado vacuno (*Bos taurus*)”. Pág. 3,5
12. Echazú, N. Iriarte, M. J. Morón, M. Quiroga y L. Saravia. 2001. Secado solar de carne de llamas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5. Pág. 1–6.
13. Fischer A., Prändl O., Schmidhofer T., Sinell H., 1994. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España. Pág. 267 y 268.
14. Garriz, A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Disertación Jornada Ganadería Vacuna. Pág. 1,2
15. Gonzáles, 2008. Diseño y construcción de un prototipo de secador mixto con flujo de aire calentado por energía solar para incrementar la calidad del grano de café (*Coffea arabica*) Pág. 83-89.
16. Gudiño A.; Hermosillo V.; Mendoza R., 1995. Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente – notas sobre curso Energía solar, Jalisco – México. Pág. 35 – 55
17. Guerrero Legarreta, Isabel y R. Rosmini, Marcelo. 2006. Ciencia y tecnología de carnes. Editorial LIMUSA, S.A. México.
18. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), IV Censo Nacional Agropecuario 2012.
19. Leizaola, F. 2008. Estrategias nutricionales de los pastores vascos: la cecina y otros alimentos de su dieta. Sdad. de CC. Aranzadi. Dpto. de Etnografía. Zorroaga gaina, z/g. 20014 Donostia – San Sebastián Nº 222. Pág. 210 - 212
20. Linehan, Mary; Paddock, Katarina; Mansour, Mohamed. 1993. Secado solar para la vitamina A. UNSAID. Pág. 3, 4.
21. Monroy M., 2006. Manual del calor. Editorial ICARO volumen II pág. 38

22. Ocón G., J. y G. Tojo B. 1980. Problemas de Ingeniería Química. Tomo II. Editorial Aguilar S.A. 5ta. Reimpresión. España.
23. Paz, 2006. colectores solares planos tratamiento teórico Vol. I Universidad Autónoma De Ciudad Juárez México. Pág. 13-16
24. Price y Schweigert, 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
25. Primo Yúfera, Eduardo. 1998. Química de los alimentos. Editorial SINTESIS, S.A. Madrid – España.
26. Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA), 2012. UGATSAN DS. N° 22-95-AG Charqui de alpaca
27. Salvá R. Bettit K., 2009. Caracterización de la carne y charqui de alpaca (*Vicugna pacos*) Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Pág. 56-63, 70-75.
28. Santrich Vacca, Diana. 2006. Evaluación y calidad de la composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias con mención en ciencia y tecnología de alimentos. Pág. 10,11
29. Shyam S. Nandwani, 2005. Energía solar conceptos básicos y su utilización, Departamento de Física, Universidad Nacional Heredia Costa Rica. Pág. 1
30. Solís Rojas, José L., 2005. Tecnología de carnes. Primera edición Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo.
31. Sutherland Jane P.; Varnam Alan H., 1998. Carnes y productos cárnicos. Primera edición, editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
32. Valera P., Aníbal. 2007. Energía solar II .Editorial ISBEN. Lima – Perú.

ANEXOS

ANEXO 1

DISEÑO DE SECADORES SOLAR

Determinación del flujo másico

Para una masa de carne da ganado vacuno de 4,8 Kg

- Contenido de humedad inicial de la carne : 79% bhbs = 3.7619
- Contenido de humedad después del oreo : 75% bhbs = 3.00
- Humedad final : 18% bhbs = 0.72

Cantidad de agua a evaporar

$$\text{Agua} = (H_{\text{inicial bs}} - H_{\text{final bs}}) * (1 - \%H_{\text{inicial bh}}) * \text{Cantidad (Kg)}$$

$$\text{Agua} = (3.7619 - 0.72) * (1 - 0.75) * 4.8 \text{ Kg}$$

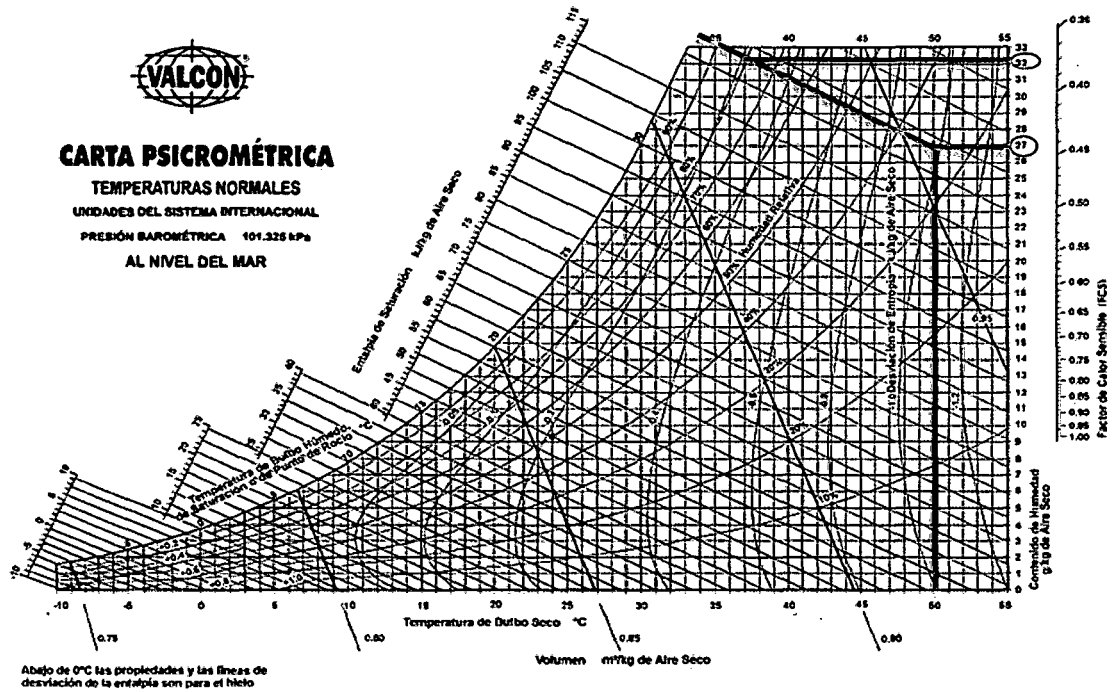
$$\text{Agua} = 3.65 \text{ Kg}$$

Determinación de la capacidad de secado

- Asumimos que del colector pasa el aire a la cámara a 50 °C y 35 % HR
- En teoría, la HR del aire que sale de la cámara debe ser máximo 80 %HR



CARTA PSICROMÉTRICA
 TEMPERATURAS NORMALES
 UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL
 PRESIÓN BAROMÉTRICA 101.325 kPa
 AL NIVEL DEL MAR



Abajo de 0°C las propiedades y las líneas de desviación de la entalpía son para el hielo

Figura 13.11 - Carta psicrométrica a temperaturas normales y presión barométrica de 101.325 kPa (al nivel del mar). Las unidades están en el sistema internacional (SI).

Figura 28. Carta psicrométrica

La capacidad de secado será:

$$= (0.032 - 0.027) \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{Kg aire seco}}$$

$$= 0.005 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg aire seco}}$$

Flujo másico promedio de aire necesario es:

$$\dot{m} = \frac{(\text{cantidad de } H_2O \text{ a evaporar}) / (\text{tiempo de secado})}{\text{capacidad de secado del aire}}$$

$$\dot{m} = \frac{(3.65 \text{ Kg } H_2O) / (24 \text{ h})}{(0.005 \text{ Kg } H_2O) / (\text{Kg aire seco})}$$

$$\dot{m} = 30.41 \frac{\text{Kg aire seco}}{h}$$

ANEXO 2

CÁLCULO DEL DISEÑO DEL COLECTOR SOLAR

1. Condiciones ambientales

- Temperatura ambiental : 22 °C (asumido)
- Humedad relativa ambiental : 84 %
- Velocidad de viento : 2.5 m/s (asumido)
- Número de horas de sol : 8 (asumido)
- Radiación solar diaria promedio : 4.5 KW-h/ día

2. Condiciones de aire en calentador solar

- Flujo de aire (ṁ) : 30.41 Kg/h
- T° de ingreso del aire al colector : 22 °C (asumido)
- T° de salida del aire del colector : 50 °C (asumido)

3. Propiedades del aire

- ρ a T° de 22 °C : 1.198 Kg/m³(Geankoplis)
- ρ a T° de 50 °C : 1.129 Kg/m³(Geankoplis)
- Conductividad térmica a 22 °C : 0.0258 W/m.°K
- Conductividad térmica a 50 °C : 0.02717 W/m.°K
- Cp 22°C : 1.0048 KJ/Kg °K
- Cp 50°C : 1.0051 KJ/Kg °K

4. Materiales de colector

Según Gudiño, (1995)

- Recubrimiento con pintura negro mate, absortividad : 0.97
- Superficie interior del papel metálico reflectividad : 0.2
- Cubierta trasparente transmisibilidad : 0.88
- Emisibilidad de pintura negro mate : 0.16

- Espesor de aislamiento : 0.0254m (1")
- Conductividad térmica de tecnoport : 0.036 W/m|K

A. Cálculo del número de Nusselt (N_{NU})

- Asumimos la T° superficie absorbente (tp) : 75 °C
- Asumimos la T° superficie interior (tr) : 50 °C

Para aire turbulento se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{NU} = \frac{hL * Dh}{K} = 0.027 * Nre^{0.8} * Npra^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

N_{NU} : N° de Nusselt

hL : Coeficiente de transferencia de calor

Dh : Diámetro hidráulico

$Npra$: Número de Prandtl

K : coeficiente de conductividad térmica

Para el cual se tiene que trabajar con TF.

$$TF = \frac{\left[75 + \frac{22 + 50}{2}\right]}{2}$$

$$TF = 55.5 \text{ °C}$$

Con $TF = 55.5 \text{ °C}$ encontramos propiedades del aire como:

$Npra$: 0.7033

μ : $1.971 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/ m.s}$

ρ : 1.0856 Kg/m^3

Reemplazando en:

$$N_{NU} = \frac{hL * Dh}{K} = 0.027 * Nre^{0.8} * Npra^{\frac{1}{3}}$$

$$Nre = \frac{\rho * Dh * v}{\mu}$$

$$N_{NU} = 0.027 \left[\frac{1.0856 \frac{Kg}{m^3} * Dh * v}{1.971 * 10^{-5} Kg/m.s} \right]^{0.8} * 0.027^{\frac{1}{3}}$$

$$N_{NU} = 149.00 \left[Dh * v \left(\frac{s}{m^2} \right) \right]^{0.8}$$

B. Cálculo del coeficiente de convección (h_2) (entre la placa absorbente y el aire circulante)

Partimos de:

$$\boxed{N_{NU} = \frac{h_2 * Dh}{K}} \Rightarrow \boxed{h_2 = \frac{N_{NU} * K}{Dh}} ; \text{ También } \boxed{h_2 = \frac{4.251 \frac{\dot{m}}{\rho}}{Dh^{1.8}}}$$

T° media del aire:

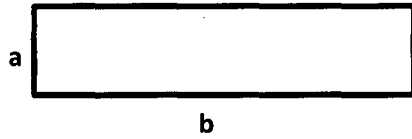
$$T_{md} = \frac{T_{in} + T_{sa}}{2} = \frac{22^\circ C + 50^\circ C}{2} = 36^\circ C ; \text{ Se halla la } (\rho = 1.1636 Kg/m^3)$$

$$\Rightarrow \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{30.41 \frac{Kg}{h} * \frac{h}{3600 s}}{1.1636 Kg/m^3} = 0.00725 m^3/s$$

$$\frac{\dot{m}}{\rho} = 0.00725 m^3/s$$

Diámetro hidráulico (Dh):

Se calcula en base a la sección transversal del ducto del colector solar



$$Dh = \frac{4 \text{ lado} \cdot \text{ancho}}{\text{perimetro}} = \frac{4 a \cdot b}{2a+2b} = \frac{2 a \cdot b}{a+b}$$

Tabulación para establecer el lado (a) y ancho (b) del ducto hidráulico				
a (m)	b (m)	Dh (m)	h_2	V (m/s)
0.05	0.744	0.0936	5.86	1.06
0.05	0.74	0.0933	5.9	1.07
0.0396	0.7	0.074	8.956	1.82
.....
0.0396	0.65	0.073	9.18	2.00

Reemplazando en h_2 :

$$h_2 = \frac{4.251 \frac{\dot{m}}{\rho}^{0.8}}{Dh^{1.8}} = \frac{4.251 * (0.00725 \text{ m}^3/\text{s})^{0.8}}{(0.073 \text{ m})^{1.8}} = 9.18$$

$$h_2 = 9.18$$

C. Cálculo de la velocidad del aire

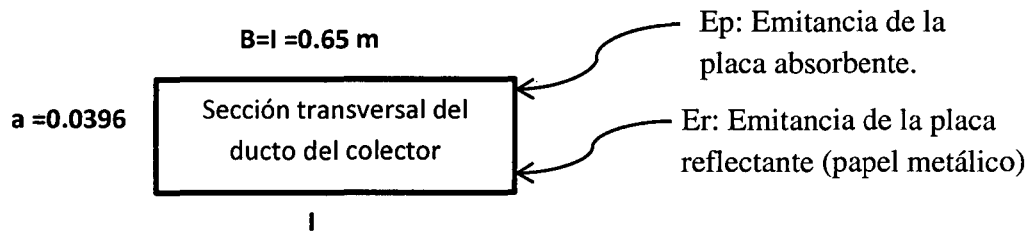
$$h_2 = 3.392 * \frac{v^{0.8}}{\left(\frac{\dot{m}}{\rho}\right)^{0.1}}$$

$$v = \left[\frac{h_2 * \left(\frac{\dot{m}}{\rho}\right)^{0.1}}{3.392} \right]^{\frac{1}{0.8}}$$

$$v = \left[\frac{9.18 * (0.00725 \text{ m}^3/\text{s})^{0.1}}{3.392} \right]^{\frac{1}{0.8}}$$

$$v = 2.00 \text{ m/s}$$

D. Cálculo del coeficiente de emisividad (E)



$$E = \frac{1}{\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_r} - 1}$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{0.97} + \frac{1}{0.2} - 1}$$

$$E = 0.198$$

E. Cálculo del coeficiente radiactivo equivalente (h_r)

$$h_r = 4\sigma * \bar{T}^3 * \frac{1}{B} * E$$

Donde:

$$\sigma: \text{Constante de Boltzman} = 5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$$B: 0.65 \text{ m}$$

$$\bar{T} = \frac{tp + tr}{2} + 273 = \frac{75 + 50}{2} + 273 = 335.5 \text{ K}$$

Donde:

tp: temperatura de la placa absorbente

tr: temperatura de la placa metálica

$$h_r = 4\sigma * \bar{T}^3 * \frac{1}{B} * E$$

$$h_r = 4 * \left(5.67 * \frac{10^{-8} \text{ W}}{\text{m}^2 \text{ K}^4} \right) * (335.5 \text{ K})^3 * \frac{1}{0.65 \text{ m}} * 0.198$$

$$h_r = 2.61 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

F. Cálculo del coeficiente efectivo de transferencia de calor entre la calamina absorbente y el flujo de aire (h)

Para el cálculo se considera; $h_2 = h_3$

$$h = h_2 + \frac{1}{\frac{1}{h_3} + \frac{1}{h_r}}$$

$$h = h_2 + \frac{1}{\frac{1}{9.18} + \frac{1}{2.61}}$$

$$h = 11.212 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

G. Factor de transmisibilidad efectiva del conjunto cubierta transparente – calamina negra (F)

$$F = \tau * a * 0.86$$

Donde:

τ : Transmitancia de cubierta transparente : 0.88

a : Absorbancia de calamina negra : 0.97

$$F = \tau * a * 0.86 = 0.88 * 0.97 * 0.86$$

$$F = 0.734$$

H. Coeficiente de transferencia de calor entre la calamina absorbente y el medio ambiente (UT)

$$UT = \left[\frac{N}{\frac{344}{TP} * \frac{(TP - TA)^{0.31}}{N + Fc}} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma(TP + TA)(TP^2 + TA^2)}{(EP + 0.0425(1 - EP)N)^{-1} + \frac{(2N + Fc - 1)}{Ec} - N} \right]$$

Donde:

EP: Emitancia de la placa o superficie absorbente: 0.97

σ : constante de Boltzman: $5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

TP: T° de la placa absorbente calamina: $75 \text{ °C} + 273 = 348 \text{ °K}$

TA: T° ambiente: $22 \text{ °C} + 273 = 295 \text{ °K}$

Ec: Emitancia de cubierta trasparente: 0.88

N: número de cubiertas: 1

h_w : $4.5 + 3.8 * \text{Velocidad}$: 14

Fc: $(1 - 0.44 * h_w + 5 * 10^{-4} * h_w^2) * (0.058 * N) = 0.87$

$$UT = \left[\frac{N}{\frac{344}{TP} * \frac{(TP - TA)^{0.31}}{N + Fc}} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma(TP + TA)(TP^2 + TA^2)}{(EP + 0.0425(1 - EP)N)^{-1} + \frac{(2N + Fc - 1)}{Ec} - N} \right]$$

$$UT = 1.60 + \left[\frac{7.5879}{2.15457} \right]$$

$$UT = 5.12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

I. Coeficiente de conducción del aislamiento (Ub)

$$Ub = \frac{K * I}{e}$$

Donde:

I: No se utiliza ya que no existe incidencia de radiación sobre el aislante

K: Conductividad térmica del tecknoport: 0.036 W/mK

E: espesor del aislante: 0.0254 m

$$Ub = \frac{0.036 \text{ W/mK}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$Ub = 1.4173 \text{ W/m}^2\text{K}$$

J. Coeficiente global de transferencia de calor (UI)

$$UI = Uf + Ub$$

$$UI = (5.12 + 1.4173) \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$UI = 6.5373 \text{ W/m}^2\text{K}$$

K. Factor de eficiencia de la absorbente (F^l)

$$F^l = \frac{1}{1 + \frac{UI}{h}}$$

$$F^l = \frac{1}{1 + \frac{6.5373 \text{ W/m}^2\text{K}}{11.212 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

$$F^l = 0.632$$

OBSERVACIÓN: Con todos los datos obtenidos anteriormente se hace la corrección de T_p y T_r .

Se realiza la corrección del T_p y T_r con las siguientes formulas:

$$T_p = \frac{(I * F) + (UI * T_a) + (h * T_2)}{UI + h}$$

$$T_p = \frac{(4.5 * 0.739) + (6.5373 * 22) + (11.212 * 50)}{6.5373 + 11.212}$$

$$T_p = 40.60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_r = \frac{(T_p * h_r) + (h_3 * T_2)}{h_r + h_3}$$

$$T_r = 33.82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con los datos o cálculos corregidos $T_p = T_2$ y $T_r = T_1$ y $T_a = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$, rehacemos h_r , h , UI , UI y F^l ; serán necesarios para G .

Rectificación de los datos

$$N_{NU} = 160.6 \left[Dh * v \left(\frac{s}{m^2} \right) \right]^{0.8}$$

$$h_2 = 9.188$$

$$v = 2.06 \text{ m/s}$$

$$E = 0.198$$

$$h_r = 2.062 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h = 10.872 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$F = 0.734$$

$$UT = 4.284 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Ub = 1.4173 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$UI = 5.7013 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$F^l = 0.656$$

L. Cálculo del flujo de aire por unidad de área del colector (G)

$$G = \frac{F^l * UI}{Cp * Ln \left[1 - \frac{T_2 - T_1}{I * \frac{F}{UI} - (T_1 - T_a)} \right]}$$

$$G = 0.0464 \text{ Kg/s.m}^2$$

M. Cálculo del área del colector

$$A = \frac{\dot{m} * \rho}{G}$$

$$A = \frac{0.007 * 1.122}{0.0464}$$

$$A = 1.60 \text{ m}^2$$

N. Eficiencia (η)

$$\eta = G * Cp * \left[\frac{T_2 - T_1}{I} \right]$$

$$\eta = 0.705$$

$$\eta = 70,5 \%$$

ANEXO 3

CÁLCULO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL COLECTOR

La ciudad de Chachapoyas se encuentra a una altitud de 2347 m.s.n.m., una latitud Sur de 6.2° y una longitud de $77,9^\circ$ (fuente estación meteorológica del INDES-CES), aplicando la ecuación II, se obtendrá el ángulo de inclinación del colector para una latitud de 6.2° S, en el mes de enero, se tiene:

$$\alpha = \phi - \delta \quad \text{En el hemisferio Sur (Ecuación II)}$$

Donde:

- δ = Ángulo del mes de enero de declinacion promedio del sol ($-21^\circ 08'$)
- ϕ = Ángulo de latitud sur se cambia el signo (-6.2°)

$$\alpha = -6.2^\circ - (-21,01^\circ) = 14.81^\circ$$

$$\alpha = 14.81^\circ$$

El ángulo de inclinación del colector es de $\alpha = 14.81^\circ$, con eje longitudinal de Norte – Sur, para la ciudad de Chachapoyas.

ANEXO 4

CÁLCULO DE EFICIENCIA REAL DEL COLECTOR

Eficiencia del colector (η_c)

$$\eta_c = \frac{Q_{UTIL}}{H_T * A_c}$$

Donde:

Q_{UTIL} : Calor útil (W)

H_T : Radiación Solar (W/m^2)

A_c : Area del colector (m^2)

Sabemos que:

$$Q_{ABSORBIDO} = Q_{UTIL} + Q_{PERDIDO} + \frac{dv}{dt}$$

$Q_{ABSORBIDO}$: (W)

Q_{UTIL} : (W)

$Q_{PERDIDO}$: (W)

$\frac{dv}{dt}$: Rapidez de cambio de energía es despreciable.

$$Q_{UTIL} = Q_{ABSORBIDO} - Q_{PERDIDO} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{ABSORBIDO} = H_T * A_c * \tau * \alpha \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{PERDIDO} = UL * A_c * (T_{pm} - T_a) \dots\dots\dots (3)$$

Reemplazando (2) y (3) en ec. (1)

$$Q_{UTIL} = Ac[(H_T * \tau\alpha) - UL(T_{pm} - T_a)] \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$$\tau\alpha = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$UL = UT + Ub + Ue \dots\dots\dots (4.2)$$

UL: Coeficiente de pérdida de calor

UT: Coeficiente de pérdida de calor por convección

Ub: Coeficiente de pérdida de calor por conducción en el fondo del colector

Ue: Coeficiente de pérdida de calor por conducción en los lados del colector.

Datos del colector solar plano (Gudiño, 1995)

P: Perímetro del colector	: 4.94 m
σ : Constante de Boltzman	: $5.6697 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
N: Numero de cubiertas transparentes	: 1
Ac: Área del colector	: $(1.82\text{m} * 0.65) = 1.183\text{m}^2$
M: Altura del colector	: 0.065m
e: espesor del aislante para fondos y lados	: 0.0254m
k: Conductividad térmica del aislante	: 0.04 W/mK
Ep: Emitancia de la placa absorbente (pintura negra)	: 0.90
Ec: Emitancia de la cubierta transparente	: 0.88
T _{pm} : temperatura promedio de la placa absorbente	: 56.78 °C = 329.78 K
T _a : temperatura ambiente	: 22.1 °C = 295.1 K
v: velocidad ambiental del viento	: 1.1m/s
. Espaciamiento entre placa absorbente y cubierta	: 0.025 m
. Ángulo de inclinación del colector	: 15°
H _T : Radiación solar	: 891 W/m ²
Pc: Refracción difusa de la cubierta (1 cubierta)	: 0.86
τ : Tramitancia solar de la cubierta	: 0.88
α : Absorbancia de la placa absorbente (pintura negra)	: 0.90

1) Cálculo del coeficiente global de pérdidas de calor por convección y conducción (UL)

$$UL = UT + Ub + Ue \dots\dots\dots (4.2)$$

1.1) Cálculo del coeficiente de pérdida de calor por convección (UT)

Para un colector que tiene un ángulo de inclinación de 45 °.

$$UT = \left[\frac{N}{\frac{344}{Tp} * \frac{(Tp - Ta)^{0.31}}{N + F}} + \frac{1}{hw} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma(Tp + Ta)(Tp^2 + Ta^2)}{[Ep + 0.0425(1 - Ep)N]^{-1} + \frac{(2N + F - 1)}{Ec} - N} \right]$$

Donde: Factor de transmisibilidad de la calamina negra y cubierta (F)

$$F = (1 - 0.44h_w + 5 * 10^{-4} * h_w^2)(1 + 0.058N) \dots\dots\dots(4.2.1.1)$$

Pero:

$$hw = 5.7 + 3.8(v) \dots\dots\dots (4.2.1.1.1)$$

$$hw = 5.7 + 3.8 (1.1)$$

$$hw = 9.88 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$F = (1 - 0.44h_w + 5 * 10^{-4} * h_w^2) (1 + 0.058N)$$

$$F = (1 - 0.44 * 9.88 \text{ W/m}^2\text{K} + 5 * 10^{-4} * (9.88 \text{ W/m}^2\text{K})^2) (1 + 0.058(1))$$

$$F = 0.66$$

Reemplazando en la Ec. (4.2.1)

$$UT = \left[\frac{N}{\frac{344}{TP} * \frac{(Tp - Ta)^{0.31}}{N + F}} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1}$$

$$+ \left[\frac{\sigma(Tp + Ta)(Tp^2 + Ta^2)}{[Ep + 0.0425(1 - Ep)N]^{-1} + \frac{(2N + F - 1)}{Ec} - N} \right]$$

$$UT = \left[\frac{1}{\frac{344}{329.78} * \frac{(329.78 - 295.1)^{0.31}}{1 + 0.66}} + \frac{1}{9.88} \right]^{-1}$$

$$+ \left[\frac{5.6697 * 10^{-8}(329.78 + 295.1)(329.78^2 + 295.1^2)}{[0.9 + 0.0425(1 - 0.9) * 1]^{-1} + \frac{(2 * 1 + 0.66 - 1)}{0.88} - 1} \right]$$

$$UT = (1.584 + 3.483) W/m^2K$$

$$UT = 5.067 W/m^2K$$

Hacemos la corrección del ángulo de inclinación 45° hacia 15°

Para un colector que tiene ángulo de inclinación(S) de 15°.

$$\frac{UT_S}{UT_{45^\circ}} = 1 - (S - 45^\circ)[0.00259 - 0.0014(Ep)]$$

$$\frac{UT_{15^\circ}}{UT_{45^\circ}} = 1 - (15^\circ - 45^\circ)[0.00259 - 0.0014(0.90)]$$

$$UT = 5.26 W/m^2K$$

1.2) Cálculo del coeficiente de pérdida de calor por conducción en el fondo del colector (Ub)

$$Ub = \frac{kl}{e} \dots\dots\dots (4.2.2)$$

Donde:

I: No se utiliza porque no hay radiación directa en el aislante

$$U_b = \frac{0.04}{0.0254}$$

$$U_b = 1.570.04 W/m^2 K$$

1.3) Calculamos coeficientes de pérdida de calor por conducción en lados de colector (U_e)

$$U_e = \frac{kMP}{eAc} \dots\dots\dots (4.2.3)$$

$$U_e = \frac{\left(0.04 \frac{W}{m^2 K}\right) (0.065m)(4.94m)}{(0.0254m)(1.183 m^2)}$$

$$U_e = 0.2 W/m^2 K$$

Reemplazando (U_T , U_b y U_e en la ecuación (4.2)

$$U_L = U_T + U_b + U_e$$

$$U_L = (5.26 + 1.57 + 0.2) W/m^2 K$$

$$U_L = 7.03 W/m^2 K$$

2) Cálculo de sucesivas reflexiones entre cubierta y calamina negra ($\tau\alpha$)

$$\tau\alpha = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho}$$

$$\tau\alpha = \frac{(0.88)(0.90)}{1 - (1 - 0.90).16}$$

$$\tau\alpha = 0.80$$

3) Cálculo del calor útil (Q_{UTIL})

$$Q_{UTIL} = Ac[(H_t * \tau\alpha) - UL(T_{pm} - T_a)]$$

$$Q_{UTIL} = 1.183 \text{ m}^2[(891 \text{ W/m}^2 * 0.80) - 7.03 \text{ W/m}^2\text{K}(329.78 - 295.1)\text{K}]$$

$$Q_{UTIL} = 554.83 \text{ W}$$

4) Cálculo de la eficiencia del colector (η_c)

$$\eta_c = \frac{Q_{UTIL}}{H_T * Ac}$$

$$\eta_c = \frac{55.83 \text{ W}}{\left(891 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) (1.183 \text{ m}^2)}$$

$$\eta_c = 0.53$$

$$\eta_c = 53 \%$$

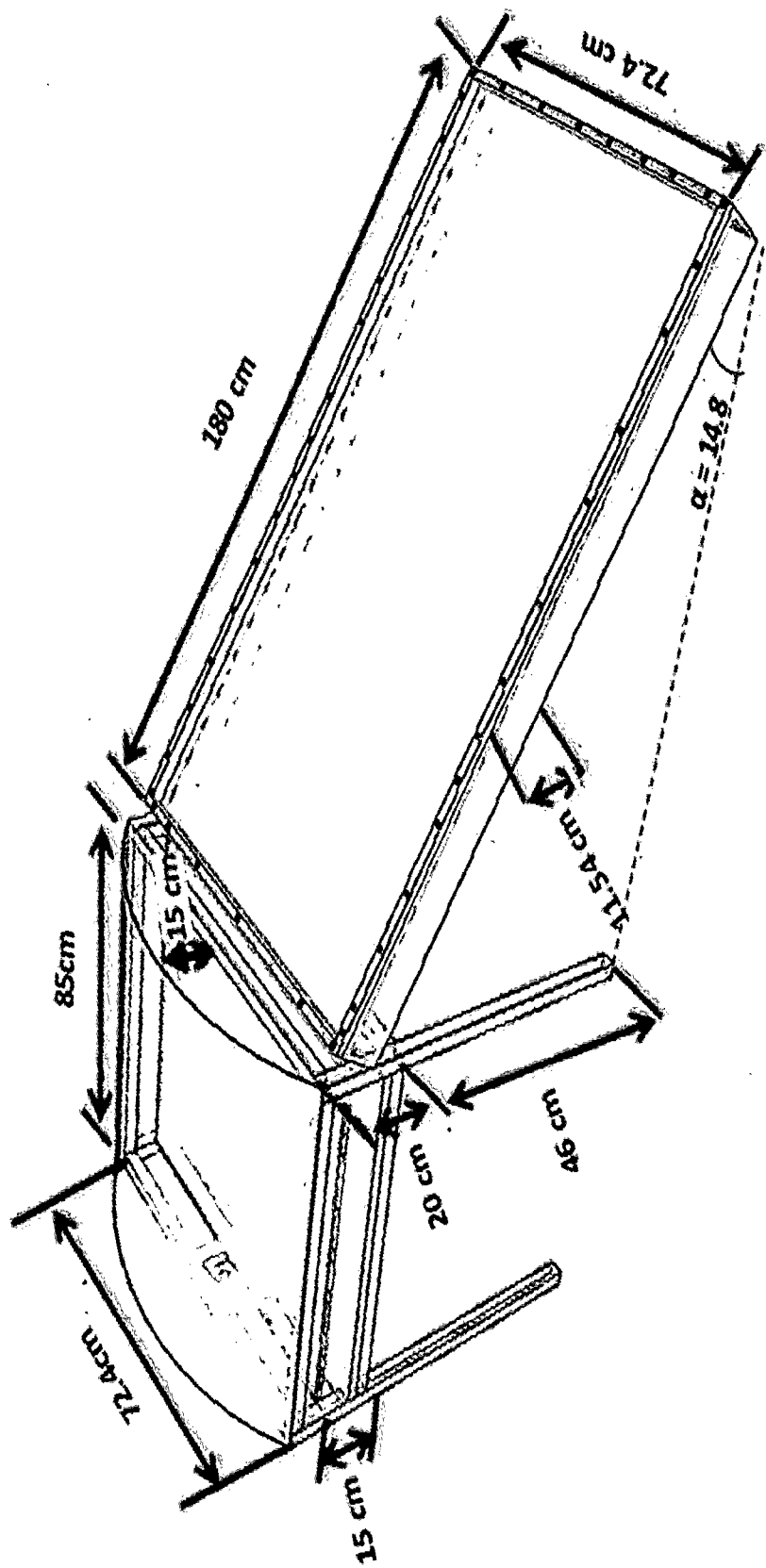
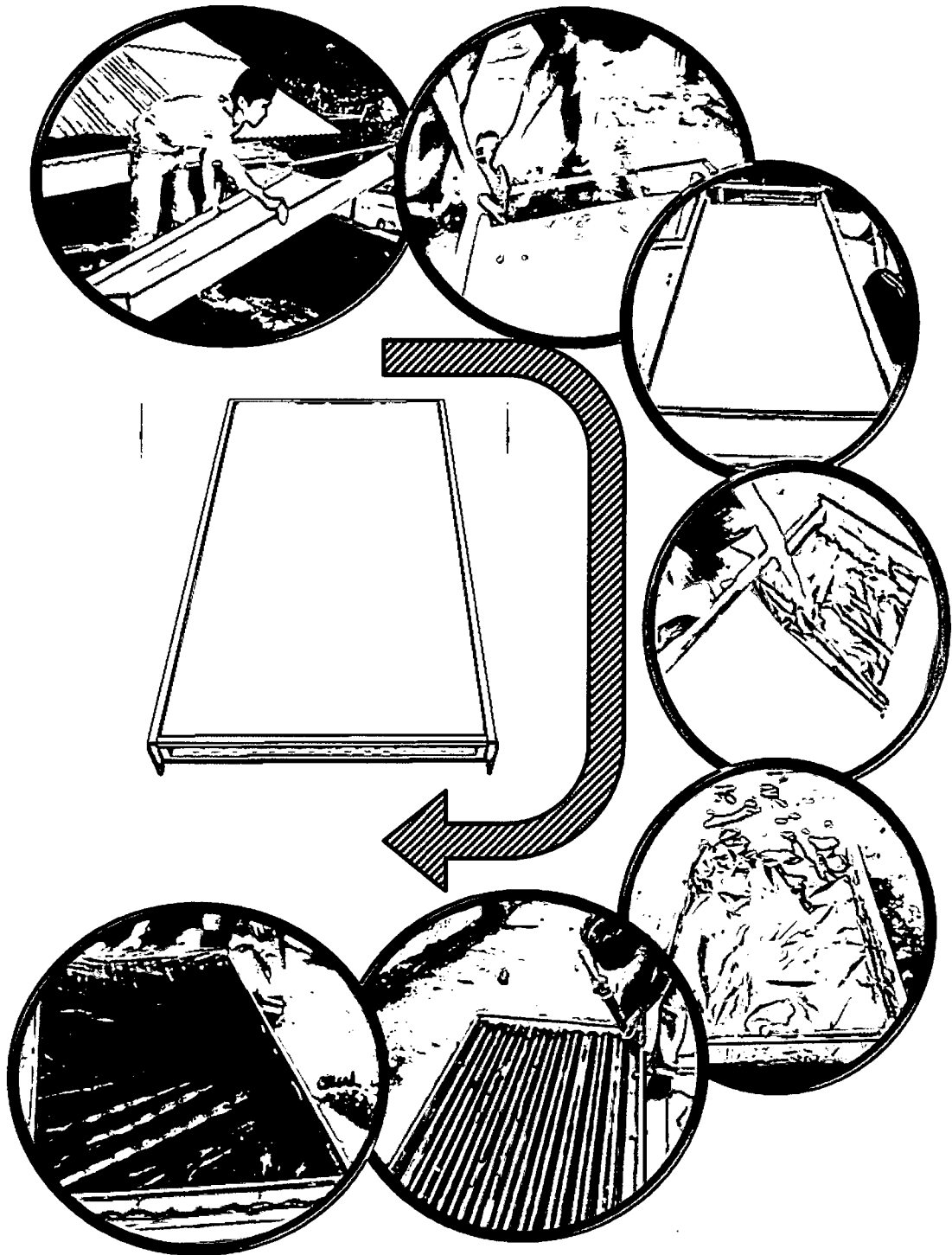


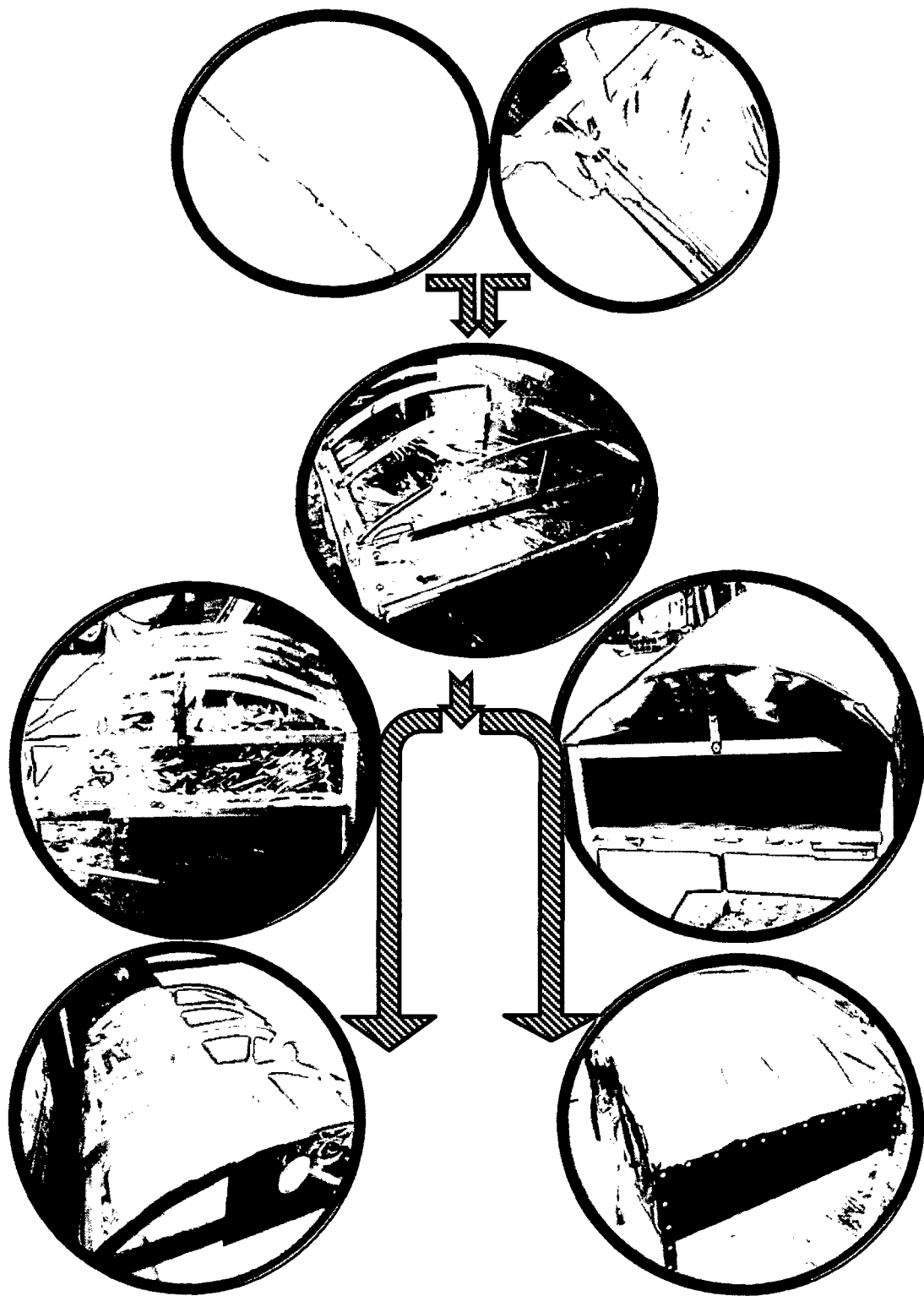
Figura 29. Esquema del secador solar

ANEXO 5

SECUENCIA FOTOGRÁFICA DE CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR SOLAR



Fotograma 1. Secuencia de construcción de colectores solares



Fotograma 2. Secuencia de construcción de cámaras de secado

ANEXO 6

INSTALACIÓN DE SECADORES SOLARES



Fotografía 1: Transformador de 220 V a 12 V para extractores de aire.



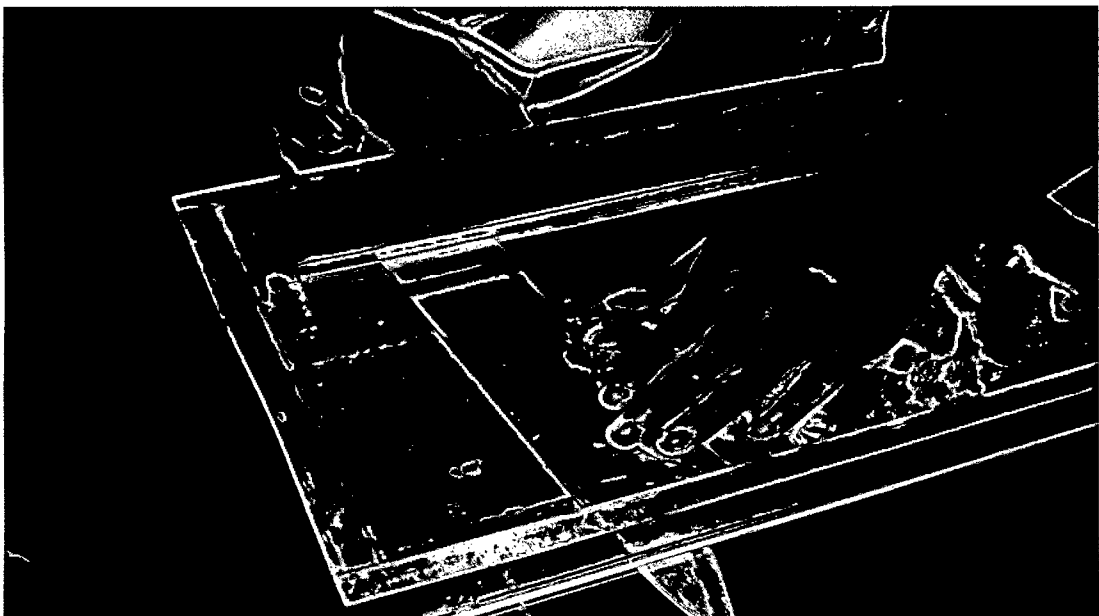
Fotografía 2. Secadores solares.

ANEXO 7

PROCESO DE ELABORACION DE CECINA



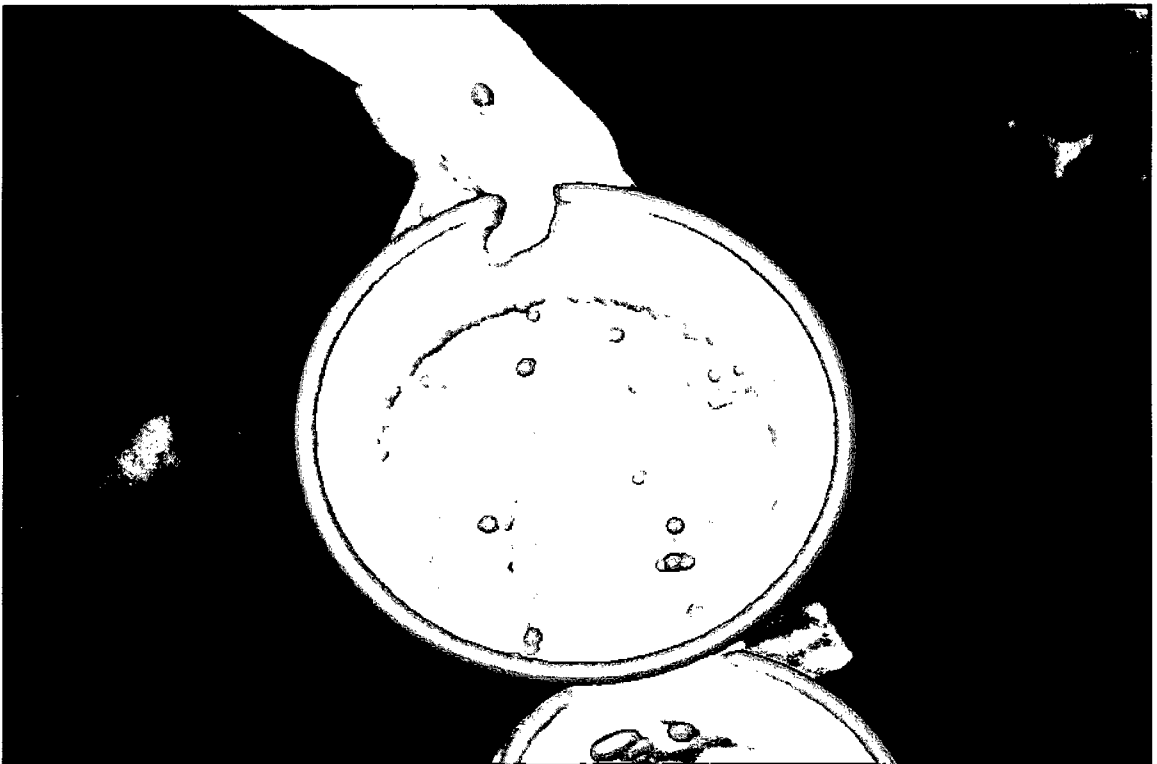
Fotografía 3. Desgrasado de la carne.



Fotografía 4. Fileteado (espesor de 4, 6 y 8 mm).



Fotografía 5. Carne fileteada.



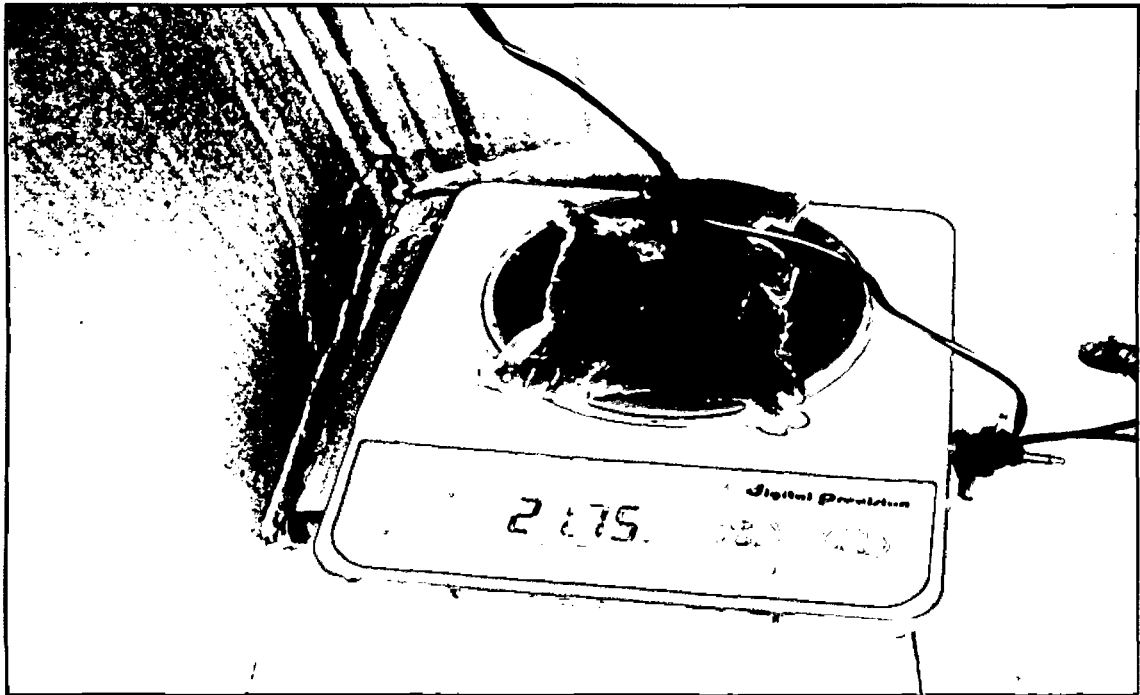
Fotografía 6. Lavado de carne fileteada.



Fotografía 7. Carne en salmuera.



Fotografía 8. Carne en el secador.



Fotografía 9. Control de peso de carne en la que se está secando.



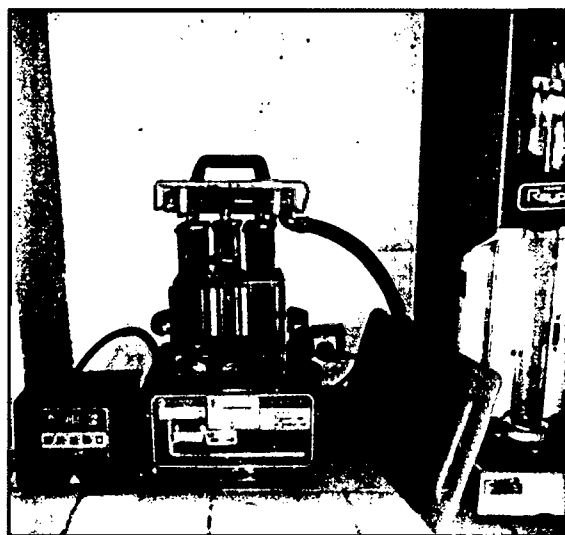
Fotografía 10. Producto envasado

ANEXO 8

EQUIPOS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS



Fotografía 11. Equipo Soxhlet



fotografía 12. Equipo Kjeldahl.



Fotografía 13. Cocina eléctrica



Fotografía 14. Estufa y crisoles

ANEXO 9

RESULTADOS DE SECADO DE CARNE DE GANADO VACUNO PARA OBTENCIÓN DE CECINA

Tabla 8. Porcentaje de peso perdido por la carne durante el secado en secador de cámara translúcida y negra.

Tiempo (h)	A1											
	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	19.682	17.796	16.557	10.512	15.379	9.9203	8.7551	7.8989	12.228	9.6484	7.6543	7.3507
4	17.884	17.559	16.306	14.808	17.26	16.126	13.082	10.377	17.26	14.903	16.1	16.155
6	25.634	25.195	22.3	19.93	18.212	16.741	14.794	13.761	18.233	16.453	17.596	14.665
8	20.734	16.319	15.347	12.301	16.734	14.531	10.741	9.6316	14.811	12.023	11.657	10.712
10	4.9046	4.4813	3.8187	4.802	8.1037	5.6343	6.9068	5.5378	8.7671	6.6166	4.5341	4.5237
12	14.04	10.382	9.7959	9.6377	13.81	12.273	13.071	12.713	14.923	9.8074	10.187	9.0936
14	2.7333	3.2477	3.0852	3.1268	5.2179	5.4129	6.9178	9.0544	7.521	6.5766	5.0328	5.73
16	2.3304	4.8597	5.0085	3.901	2.7418	3.219	5.7486	6.8282	5.3729	4.7252	3.4178	4.3269
18		3.6335	4.6917	4.4509		1.7609	2.6981	3.6907	3.3199	3.2389	3.5785	5.2046
20		1.0929	2.1566	2.135		0.4868	1.3864	3.2847	1.38	1.3598	1.8969	2.6505

Tiempo (h)	A2											
	B1				B2				B3			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10.797	8.8859	5.5329	5.3933	7.2465	6.8296	5.4807	3.125	12.19	9.0909	7.2396	6.4737
4	8.8118	7.1118	6.305	5.4179	12.261	8.4954	6.883	6.6299	16.785	15.763	9.1522	6.9397
6	15.215	13.697	10.639	9.7435	16.112	13.062	12.262	12.274	7.573	7.0203	5.1545	4.1515
8	8.362	6.3448	5.9061	6.4772	12.177	9.8448	7.7117	6.7675	8.0645	6.0505	5.8517	4.2912
10	7.3542	7.6739	9.5998	9.374	10.016	8.7359	9.4853	8.3148	4.7368	4.721	4.9557	5.7825
12	13.695	12.338	11.856	12.109	18.503	13.238	9.3237	7.6988	9.2081	7.7617	7.2094	7.4272
14	11.047	10.123	9.9311	8.722	16.243	13.886	10.355	8.6431	12.718	9.0048	7.4086	6.846
16	14.88	12.033	11.471	10.914	8.9248	7.1316	5.6381	5.6937	12.34	9.8277	8.12	5.8535
18	2.5465	5.5903	6.6436	5.5703	5.1863	3.8566	4.3999	3.7506	11.161	10.445	4.262	3.725
20	1.7655	2.3487	2.5067	2.5105	4.8653	4.4708	4.4771	3.9759	4.8344	2.5776	2.0235	1.6785

Datos obtenidos durante elaboración de cecina de ganado vacuno (*Bos taurus*).

ANEXO 10

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS APLICANDO PRUEBA DE TUKEY

10.1 Porcentaje de pérdida de peso por tipo de cámara de secado

Tabla 9. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por cámara de secado

<i>Tipo de cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Negra	96	9.08771	0.417106	X
Translucida	96	10.8762	0.417174	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translucida - Negra	*	1.78849	1.16389

* indica una diferencia significativa.

Indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

10.2 Porcentaje de pérdida de peso por tipo de fileteado

Tabla 10. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por tipo de fileteado

<i>tipo de fileteado</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
8mm	64	9.12953	0.577755	X
6mm	63	10.0114	0.582323	XX
4mm	65	10.8023	0.573294	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
4mm – 6mm		0.790879	1.61195
4mm – 8mm	*	1.67278	1.60554
6mm – 8mm		0.881897	1.61813

* indica una diferencia significativa.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

10.3 Porcentaje de pérdida de peso por concentración de salmuera

Tabla 11. Comparaciones múltiples para porcentaje de peso perdido por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera (%)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
25	48	8.38354	0.645632	X
20	48	9.20646	0.645632	XX
15	48	10.2731	0.645632	X
0	48	12.0777	0.645632	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15	*	1.80458	1.80116
0 - 20	*	2.87125	1.80116
0 - 25	*	3.69417	1.80116
15 - 20		1.06667	1.80116
15 - 25	*	1.88958	1.80116
20 - 25		0.822917	1.80116

* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

10.4 Contenido de proteína por tipo de cámara de secado

Tabla 12. Comparaciones múltiples para porcentaje de proteína por tipo de cámara de secado

<i>Tipo de cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Negra	4	54.0625	7.4223	X
Translucida	4	56.945	7.4223	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translucida - Negra		2.8825	25.6846

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencia estadísticamente significativa entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza

10.5 Contenido de proteína por concentración de salmuera

Tabla 13. Comparaciones múltiples para contenido de proteína por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera (%)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20	2	46.68	1.863	X
15	2	47.8	1.863	X
25	2	50.04	1.863	X
0	2	77.495	1.863	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15	*	29.695	8.38474
0 - 20	*	30.815	8.38474
0 - 25	*	27.455	8.38474
15 - 20		1.12	8.38474
15 - 25		-2.24	8.38474
20 - 25		-3.36	8.38474

* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

10.6 Contenido de Grasa por Tipo de cámara de secado

Tabla 14. Comparaciones múltiples para contenido de grasa por tipo de cámara de secado

<i>Tipo de cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Translúcida	4	12.295	2.06357	X
Negra	4	15.64	2.06357	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translúcida - Negra		-3.345	7.1409

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza.

10.7 Contenido de grasa por concentración de salmuera

Tabla 15. Comparaciones múltiples para contenido de grasa por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera (%)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	2	10.31	3.30729	X
0	2	14.815	3.30729	X
20	2	15.025	3.30729	X
25	2	15.72	3.30729	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15		4.505	14.885
0 - 20		-0.21	14.885
0 - 25		-0.905	14.885
15 - 20		-4.715	14.885
15 - 25		-5.41	14.885
20 - 25		-0.695	14.885

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza.

10.8 pH por tipo de Cámara

Tabla 16. Comparaciones múltiples para contenido de pH por tipo de cámara de secado

<i>Tipo de Cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Negra	12	6.0875	0.0455199	X
Translucida	12	6.12	0.0455199	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translucida- Negra		0.0325	0.133506

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencia estadísticamente significativa entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza

10.9 pH por concentración de salmuera

Tabla 17. Comparaciones múltiples para contenido de pH por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera (%)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	6	6.055	0.066976	X
15	6	6.09	0.066976	X
20	6	6.10833	0.066976	X
25	6	6.16167	0.066976	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15		-0.035	0.198248
0 - 20		-0.0533333	0.198248
0 - 25		-0.106667	0.198248
15 - 20		-0.0183333	0.198248
15 - 25		-0.0716667	0.198248
20 - 25		-0.0533333	0.198248

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza.

10.10 Acidez por tipo de Cámara de secado

Tabla 18. Comparaciones múltiples para acidez por tipo de cámara de secado

<i>Cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Translucida	12	0.455	0.0572141	X
Negra	12	0.575833	0.0572141	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translucida-Negra		-0.120833	0.167804

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza.

10.11 Acidez por Concentración de salmuera

Tabla 19. Comparaciones múltiples para acidez por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
25	6	0.455	0.0812051	X
20	6	0.463333	0.0812051	X
15	6	0.516667	0.0812051	X
0	6	0.626667	0.0812051	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15		0.171667	0.240366
0 - 20		0.163333	0.240366
0 - 25		0.11	0.240366
15 - 20		-0.00833333	0.240366
15 - 25		-0.0616667	0.240366
20 - 25		-0.0533333	0.240366

* indica una diferencia significativa.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza.

10.12 Ceniza por Tipo de Cámara de secado

Tabla 20. Comparaciones múltiples para ceniza por tipo de cámara de secado

<i>Tipo de Cámara</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Negra	12	21.3758	1.67149	X
Translúcida	12	26.3575	1.67149	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Translúcida- Negra	*	4.98167	4.90231

* indica una diferencia significativa.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

10.13 Ceniza por concentración de salmuera

Tabla 21. Comparaciones múltiples para ceniza por concentración de salmuera

<i>Concentración de salmuera</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	6	15.3883	1.03872	X
15	6	24.715	1.03872	X
20	6	27.0817	1.03872	XX
25	6	28.2817	1.03872	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 15	*	-9.32667	3.0746
0 - 20	*	-11.6933	3.0746
0 - 25	*	-12.8933	3.0746
15 - 20		-2.36667	3.0746
15 - 25	*	-3.56667	3.0746
20 - 25		-1.2	3.0746

* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.