



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE DIGESTIÓN ALCALINA PARA
LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE LARVAS DE *Rhynchophorus
palmarum* L.”**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: Marcos David Landívar Valverde

DIRECTOR: Dr. M. V. David Sancho Aguilera

PUYO – PASTAZA - ECUADOR

2012

PRESENTACIÓN DEL TEMA

“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE DIGESTIÓN ALCALINA PARA LA EXTRACCIÓN DE GRASA DE LARVAS DE *Rhynchophorus palmarum*”

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Elías González
Presidente Tribunal

Ing. Byron Herrera Chávez

Ing. José Antonio Escobar

AGRADECIMIENTO

Con la sinceridad de la satisfacción, al haber culminado exitosamente esta investigación, expreso mi agradecimiento a todos quienes han colaborado en su planteamiento y ejecución.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a los hombres y mujeres que con sus obras e investigaciones aportan al enriquecimiento del conocimiento científico, al gestor de la creación de la Universidad Estatal Amazónica; Sr. Rafael Sancho, al Director de Tesis; Dr. David Sancho, a los compañeros y compañeras con quienes compartí los triunfos y experiencias formativas del carácter y del pensamiento, durante los años universitarios; en busca de una educación de excelencia, lucha cuyo fruto es la Universidad que conocemos hoy; yendo más allá de nuestras obligaciones como estudiantes. Dedico este trabajo, con especial consideración a mis padres y mi familia; por la confianza y el respaldo imponderables durante mi formación profesional.

RESPONSABILIDAD

Yo, Marcos David Landívar Valverde declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Estatal Amazónica puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

David Landívar Valverde

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Marcos David Landívar Valverde, bajo mi supervisión.

Dr. M. V. David Sancho Aguilera
DIRECTOR DE TESIS

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.2 HIPÓTESIS.....	12
1.2.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	12
1.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	12
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	13
• LOS INSECTOS COMO ALIMENTO.....	13
• ANTECEDENTES ENTOMOFÁGICOS EN LARVAS DE <i>R. PALMARUM</i>	16
• LARVAS DE <i>R. PALMARUM</i> COMO FUENTE DE GRASAS SALUDABLES	18
• ¿POR QUÉ EXTRAER GRASA DE LOS INSECTOS?	19
• MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR DIGESTIÓN ALCALINA.....	20
• LAS GRASAS, ACEITES Y SU RELACIÓN CON LA SALUD	21
• ¿SON SALUDABLES LAS GRASAS DE LOS INSECTOS?	24
III. MATERIALES Y METODOS	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	46
VII. RESUMEN.....	47
VIII. SUMMARY	48
IX. BIBLIOGRAFÍA	49
X. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Condiciones meteorológicas:	27
Tabla N° 2 Diseño experimental:	28
Tabla N° 3 Detalle de tratamiento del experimento:	29
Tabla N° 4 Mediciones experimentales:.....	30
Tabla N° 5 Contenido graso en larvas de <i>R. palmarum</i> :	36
Tabla N° 6 Porcentajes de ácidos grasos de <i>R. palmarum</i> y <i>R. phoenicis</i> :.....	36
Tabla N° 7 Comparación de ácidos grasos de la grasa de <i>R. palmarum</i> con otros aceites de consumo tradicional:	37
Tabla N° 8 Comparación de parámetros fisicoquímicos en los métodos de extracción:.....	39
Tabla N° 9 Determinación de vitamina A y vitamina E:	40
Tabla N° 10 Comparación con otros alimentos:.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Campus Universitario UEA.....	26
Gráfico 2 Flujograma del método de Digestión Alcalina:	33
Gráfico 3 Comparación del método de Digestión Alcalina con el método Soxhlet:	34
Gráfico 4 Análisis de ceniza	41
Gráfico 5 Análisis de Grasa Total	43
Gráfico 6 Análisis de Materia Seca.....	44
Gráfico 7 Larvas listas para trituración.....	56
Gráfico 8 Trituración de las larvas	56
Gráfico 9 Digestión de la pasta de larvas	57
Gráfico 10 Separación de fases acuosa y lipídica	57
Gráfico 11 Separación final del extracto graso	58
Gráfico 12 Secado de larvas	58
Gráfico 13 Larvas secas y trituradas para análisis de grasa	59
Gráfico 14 Extracción Soxhlet.....	59
Gráfico 15 Cromatograma de vitamina A	60
Gráfico 16 Cromatograma de vitamina E	60
Gráfico 17 Cromatograma del perfil lipídico.....	61

I. INTRODUCCIÓN

Los insectos, por lo general, son estudiados a causa de los problemas que provocan en la sociedad, pero rara vez se pone atención a los aspectos benéficos de los mismos (Pantoja y otros, 2010). Sin embargo, existen invertebrados que constituyen un alimento rico y apetecible para los pueblos indígenas y juegan un papel importante en la dieta de estas poblaciones (Araujo y otros, 2007). Por otra parte, los insectos juegan un rol importante como fuente de proteínas, grasas y vitaminas en la alimentación de los pueblos indígenas alrededor del mundo y pueden proveer cantidades significantes de proteínas. Así también, el tipo de grasas que poseen son poliinsaturadas, siendo algunas de fácil digestión (Arango, 2005).

De los insectos comestibles de Sudamérica, el gorgojo de la palma, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), parecería tener el potencial más grande de producción en masa y de comercio (Costa Neto y otros, 2006) y su consumo está asociado con la supervivencia de los pueblos aborígenes americanos de las zonas tropicales. En Ecuador, las larvas de *R. palmarum* son conocidas con el nombre de chontacuro (que en quichua significa “gusanos de la chonta”) y son parte de la dieta alimenticia de los indígenas amazónicos (Barragán y otros, 2008), pero en épocas más recientes su consumo se ha difundido en las ciudades para compartir con los turistas y residentes; aun cuando, en la Amazonía, muchos grupos indígenas obtienen un suplemento importante en sus dietas del consumo de los gusanos de palmas *R. palmarum* (Choo y otros, 2009). En los insectos predominan grasas de tipo monoinsaturado y poliinsaturado (Ramos-Elorduy, 1998) (Womeni y otros, 2009), lo cual las convierte en una fuente potencial de este tipo de lípidos; principalmente de los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-3 (AGPI n-3/omega-3). Con este fin; se busca evaluar el método de digestión alcalina para obtener grasa a partir de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. Esta grasa se someterá a análisis; con el fin de determinar su acidez, índice de peróxidos, contenido de vitamina A y vitamina E, así como un análisis de perfil lipídico.

Es preciso señalar también la importancia que tiene la investigación de este tema, particularmente porque se trata de una especie que se encuentra en la Amazonia, por las referencias científicas existentes sobre estudios similares realizados en este y otros invertebrados, que permitan inferir el valor nutritivo real asociado a su consumo o las perspectivas de ser empleados como materia prima o aditivo para la agroindustria, así como a procurar la seguridad alimentaria de la población, rescatando los conocimientos ancestrales y señalando la pauta para nuevas investigaciones que se realicen a futuro sobre este tema.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- Evaluar el método de digestión alcalina para la extracción de grasa a partir de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el porcentaje de extracción de grasa larvas de *R. palmarum*, obtenido mediante el método de Digestión Alcalina.
2. Establecer las características físico-químicas de la grasa de larvas de *R. palmarum*, extraída mediante el método de Digestión Alcalina.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis General

- El método de extracción empleado permite realizar un análisis cuantitativo y comparativo del volumen obtenido; sin afectar las características fisicoquímicas del grasa de larvas de *R. palmarum*

1.2.2 Hipótesis Específicas

1. Existe una relación entre el método de extracción empleado y el volumen de grasa obtenido de las larvas de *R. palmarum*.
2. El método de extracción empleado no influirá sobre las propiedades fisicoquímicas del grasa de larvas de *R. palmarum*.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

- **Los insectos como alimento**

Según se reporta, a nivel mundial existen más de 1400 especies de insectos que son consumidas por el ser humano y la mayor parte de ellas es cosechada en bosques naturales, razón por la cual los insectos contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria y a los medios de vida de las personas en muchos países en desarrollo, principalmente en África y Asia, pero también se consumen en ciertas zonas de América Latina, particularmente en los países tropicales y en algunos países desarrollados como Japón (Vantomme, 2010). De acuerdo a Costa Neto (2004) estudios en el área de entomología pueden estimular nuevas ideas a ser investigadas por la ciencia, especialmente aquellas que enfatizan el potencial terapéutico y proteico de los insectos, lo cual representaría una contribución importante a la cuestión de la biodiversidad y abriría posibilidades para la valoración económica de especies consideradas dañinas o sin valor.

Con una población humana y una degradación ambiental en aumento, el mundo se enfrenta a un gran problema por tratar de proveer una base adecuada de proteínas y nutrientes de origen animal. Mientras muchas sociedades han suplido o suplen sus necesidades proteicas con insectos, las sociedades occidentales son reticentes a considerarlos como alimento, pese a ser los mayores consumidores de proteína animal. Por esta razón se vuelve importante considerar a los insectos como una fuente de alimento para los humanos, en una manera que compagine el rol de la entomofagia en las sociedades indígenas y la

necesidad de las sociedades occidentales de reducir su huella sobre el medio ambiente, en lo que a producción de alimentos se refiere (Yen, 2009).

Tal como lo enuncian Katayama y otros (2002) en los últimos años, los insectos han ido adquiriendo un creciente valor como nuevo recurso alimenticio para los seres humanos. En occidente (donde no es un consumo tradicional) así como en otros países cada vez más se está aceptando la ingesta de insectos. Igualmente, existen ya empresas que se dedican a envasado de los insectos, algunas de ellas en Japón y que se comercializan a precios relativamente altos. Si bien son animales pequeños, los insectos están ampliamente extendidos, constituyen el grupo zoológico más diverso y representan la mayor cantidad de biomasa animal del planeta. La utilización de los insectos como recurso alimenticio para los seres humanos presenta numerosas ventajas, entre las que podemos mencionar la corta duración de las generaciones, por tanto la rápida cría, la enorme capacidad de reproducción y su abundancia en diferentes hábitats (Viejo Montesinos, 2011). Los insectos también contienen una considerable cantidad de grasa, que oscila entre el 10% y el 40%, y en algunas larvas de coleóptero alcanza el 50% de su peso seco; además en todos los casos está constituida por más ácidos grasos insaturados que en otras especies animales (Ramos-Elorduy, 1998). Por otra parte, se asevera también que el consumo de insectos contribuiría a paliar la crisis mundial de alimentos, ya que son ricos en proteínas, vitaminas y minerales que favorecen la nutrición de los individuos (Melo, 2009).

Como entomofagia se entiende la ingesta de insectos y arácnidos, o artrópodos en general, como alimento para los humanos y los animales. Se trata de un

hábito alimenticio muy extendido en algunas culturas de la Tierra: América Central y del Sur, África, Asia y Australia, aunque en algunas otras es muy poco común o es considerado un tabú (DRAE, 2011). Si bien la consideración de los insectos como alimento no puede ser discutida en la actualidad, el hecho de no haberse consumido significativamente en la sociedad occidental podría enmarcarles en la compleja categoría de «nuevos alimentos», a pesar de su consideración como alimento milenario (Hidalgo, 2005). De entre los insectos, el género con mayor número de especies que son consumidas como alimento, corresponde a los coleópteros. Además, el valor nutritivo de los insectos es elevado, siendo su componente más importante las proteínas, que en general forman gran parte del cuerpo y se pueden calificar como de buena calidad. Le siguen las grasas, que son muy abundantes sobre todo en los estados larvarios de las especies holometábolos y en las pupas (Ramos-Elorduy y otros, 2004).

Por otra parte, dentro de los alimentos que pudieran calificarse como no convencionales, los insectos son una fuente importante de ácidos grasos poli-insaturados de cadena corta, una buena fuente de hierro, calcio y vitaminas del grupo B (FAO 2011). En el mismo sentido, la carne de los insectos puede considerarse tan nutritiva como la roja o la de aves de corral (Viesca González y otros, 2009). A este hecho se suma que los insectos en su conjunto representan la mayor biomasa sobre la Tierra y que su masa corporal está constituida por un alto porcentaje de proteína (Arango, 2005), existiendo numerosas publicaciones sobre el consumo humano de insectos (Araujo y otros, 2007). Si la contribución de los insectos se incluyera en los programas nacionales de seguridad

alimentaria se ayudaría a la satisfacer la creciente demanda de proteínas y nutrientes para el hombre y el ganado y se salvaguardaría la seguridad alimentaria de las personas que dependen del bosque (Vantomme, 2010).

- **Antecedentes entomofágicos en larvas de *R. palmarum***

El *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) fue descrito por Linnaeus en 1758. Su ciclo de vida dura un promedio de 120 días, con un periodo de incubación del huevo de 3.5 días, una etapa larval de 60.5 días; con nueve estados de desarrollo, una etapa pupal de 16 días y una de adulto de 42 días. Sus hospederos principales son plantas de la familia Arecaceae. (Mexzón y otros, 1994). Al igual que otros insectos, no se consumen como un recurso de emergencia durante tiempos de escasez, sino que constituyen un elemento de la dieta a lo largo del año o en determinadas temporadas (Banjo y otros, 2006). En Sudamérica, las larvas de *R. palmarum* constituyen un manjar predilecto entre la población indígena, aunque su consumo se ha extendido también a los colonos (González y otros, 1992). Esta visión se contrapone al concepto tradicional que se tiene de este insecto como plaga en plantaciones de cocotero o de palma aceitera, por cuanto las plantas de la familia Arecaceae son sus hospederas más comunes. A nivel internacional, existen antecedentes de investigaciones realizadas en Venezuela sobre el consumo de larvas de *R. palmarum* entre diversas etnias indígenas, quienes poseen un antiguo conocimiento que les permite actuar y manejarlo en el campo con experticia, llegando a inducir crías sobre tejidos vegetales y seleccionar las palmas hospederas para este fin. Para ello, cortan plantas sanas de crecimiento espontáneo y parten el tallo

longitudinalmente. Esto atrae y concentra alto número de individuos sobre la fuente alimenticia, favoreciendo la cópula y oviposición sobre esos tejidos. La próxima visita se realiza entre los 35 y 40 días, para proceder a la "cosecha" de larvas. Estas son transportadas a la comunidad, donde las someten a cocción bajo fuego lento y las ingieren cuando están doradas y la grasa obtenida durante este proceso, lo usan para preparar otros alimentos (Sánchez y otros, 1997).

En el Ecuador se conservan aún tradiciones entomofágicas ancestrales, principalmente entre los pueblos indígenas, habiéndose descrito alrededor de 83 especies de insectos comestibles (Barragán y otros, 2009). Uno de estos insectos comestibles es el escarabajo *R. palmarum*, cuyas larvas se conocen como "chontacuro", siendo estas vendidas y consumidas ampliamente a lo largo de la cuenca amazónica ecuatoriana (Barragán y otros, 2008). Este insecto coleóptero crece normalmente en los troncos caídos y en pudrición de palmáceas como el *Bactris gasipaes* (chonta) y *Mauritia flexuosa* (morete) y los indígenas amazónicos emplean estos tallos para recolectar larvas de *R. palmarum*, las cuales son luego consumidas crudas o hervidas (Cerdeña y otros, 1999) (Chambi, 2010). A estas larvas también se les atribuyen propiedades nutricionales y hasta farmacéuticas, aunque no se han hallado investigaciones sobre la composición y propiedades de su grasa (Dué y otros, 2007).

- **Larvas de *R. palmarum* como fuente de grasas saludables**

En los insectos el grado de instauración de la grasa es similar a la de aves de corral y del pescado, con algunos grupos más altos en ácidos linoléicos. La composición nutricional de las larvas de *R. palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) es alta en zinc, tiamina y riboflavina. En su trabajo investigativo Cerda y otros (1999), comparan las larvas de este insecto, con las de *Rhynchophorus phoenicis*, que presentan un contenido de grasa de 41,7g/100g. Esta situación es compatible con estudios que muestran que ciertos insectos son fuente esencial de ácidos grasos, como ácido linoleico, pudiendo ser mejores para la salud humana que la carne de ganado (FAO, 2011). El tejido graso de los insectos es análogo al tejido adiposo y al hígado de los vertebrados y funciona como un gran órgano para el almacenamiento de nutrientes y el metabolismo energético y, al igual que otros órganos larvales, el tejido graso sufre un continuo proceso de desarrollo y transformación durante el período de metamorfosis del insecto (Ying y otros, 2009). Si a lo anterior le sumamos el hecho de que los coleópteros como el *R. palmarum* presentan de manera general un contenido estimado de proteínas del orden de 44,03% y un contenido de grasa estimado en forma general de 31,81%, siendo entre los insectos el grupo con mayor contenido graso en sus tejidos (Viejo Montesinos, 2011), podemos tener una idea del potencial que tienen las larvas de este invertebrado como fuente de ácidos grasos poliinsaturados, que puedan emplearse para mejorar la dieta humana.

Además, en lo que a vitaminas liposolubles se refiere, la larva de *R. palmarum* es rica en Vitamina A (equivalente a 85.0 mg de retinol), valor nuevamente superior al de la leche equivalente a 37 mg de retinol. El contenido de vitamina E es particularmente alto (9.82 mg/100g de peso fresco de alfa tocoferol), por lo que una cantidad de 100 g de larva asegura el 100% de las necesidades diarias de este nutriente para un adulto humano (8 a 10 mg/ per cápita/por día). (Cerdeja y otros, 1999)

- **¿Por qué extraer grasa de los insectos?**

En la actualidad prácticamente todo el Omega-3 que se introduce en productos de consumo humano, proviene del aceite de pescado, aunque existe la desventaja del olor característico del aceite de pescado, lo que obliga a refinarlo, encareciendo el producto final. No obstante, para una dieta saludable, se recomienda la ingesta de pescado y de aceite de pescado, debido a que contiene los ácidos grasos omega-3, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA). De igual manera, los insectos proveen grasas saludables, especialmente ácidos grasos altamente insaturados, lo cual implica un alto valor nutritivo.(Xiaoming y otros, 2009), razón por la cual; nuevas iniciativas tecnológicas se centran en la extracción de aceite de alta calidad desde larvas de insectos, constituyendo una nueva fuente de grasa y en particular de un tipo de grasa rico en omega-3, siendo a su vez una fuente sustentable muy diferente a la que los recursos marinos hoy representan (INNOVA CHILE, 2011).

Con respecto al contenido graso, en base seca, de las larvas de *Rhynchophorus palmarum*, Sánchez y otros (1997) reportaron un 47,41%; mientras en otros estudios se reportan valores del 55% (Sotomayor y otros, 1998) citando a (Dufour, 1987). Además, en forma general el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados en los insectos es aproximadamente 55,9%, mientras que el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados ostenta valores estimados entre el 40-45% hasta el 100% (Viejo Montesinos, 2011). La obtención de grasas y aceites para consumo humano (directa e indirectamente) ha adquirido gran auge debido a los beneficios potenciales que existen en sus propiedades, aunados a que se encuentran en una variedad extensa de recursos tanto animales como vegetales (Salazar-Govea y otros, 2000). Las grasas y aceites, también identificadas como materias grasas, constituyen la forma mayoritariamente comestible de los lípidos y la Revolución Industrial significó un salto cuantitativo en el conocimiento de las materias grasas (Valenzuela y otros, 2005).

- **Método de extracción por Digestión Alcalina**

Son pocos los métodos básicos existentes para la obtención de grasas y aceites de origen animal, marino o vegetal. Comprenden la fusión, la extracción por presión y la extracción por disolventes, procesos que se completan con el refinado y otros. Otro método que se emplea es la digestión alcalina que consiste en provocar la hidrólisis de las proteínas con hidróxido de sodio, acompañado de temperatura, separando por centrifugación la materia grasa de la masa líquida de la digestión, para su posterior refinación. Este método es empleado para la extracción de grasa de tejidos con poco contenido graso o en

los cuales la extracción por métodos convencionales no resulta factible (Establier, 2010).

- **Las grasas, aceites y su relación con la salud**

El consumo de aceites a nivel mundial ha aumentado notablemente en los últimos veinte años y en la actualidad su utilización está ampliamente diversificada en todo el planeta. Otro aspecto importante de considerar; es lo que ha ocurrido con el consumo de ácidos grasos omega-6 y omega-3. Los aceites vegetales comestibles de origen terrestre, en su gran mayoría, constituyen un buen aporte de ácidos grasos omega-6 (principalmente ácido linoléico), con la casi única excepción del aceite de oliva que aporta hasta un 78% de ácidos grasos omega-9 (ácido oleico). (Valenzuela y otros, 2002). Sólo algunos aceites, como el aceite de soja, colza o linaza aportan cantidades pequeñas, no superiores al 10%, de ácidos grasos omega-3 (ácido alfa linolénico). Por otro lado, los organismos de origen marino, vegetales y animales, aportan cantidades significativas de ácidos grasos omega-3, especialmente aquellos de cadenas muy largas como lo son el ácido eicosapentaenoico (20:5, EPA) y el ácido docosahexaenoico (22:5, DHA) (Valenzuela y otros, 2002) citando a (Valenzuela y otros,1995). La esencialidad de algunos ácidos grasos está dada por la incapacidad que tiene el organismo para sintetizarlos a partir de precursores (De Morales, 1994). Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de las familias Omega 6 (n-6) y Omega 3 (n-3) son considerados esenciales debido a que el ser humano no los puede sintetizar, por lo que su presencia en el organismo depende directamente de su consumo a través de la dieta (Onofre y otros, 2010).

De los ácidos grasos poliinsaturados, aquellos de la serie n-3 (AGPI n-3) forman parte de las membranas celulares y su importancia biológica radica en que intervienen en los procesos de formación del cerebro y de la retina en los fetos; además en la producción de eicosanoides, que son sustancias reguladoras de la inflamación, fiebre, trombosis y dilatación (Alviña, 2003) citando a (Matehews, 2002). En recientes investigaciones, se han estudiado los efectos benéficos de los AGPI n-3, primeramente para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y últimamente de otras patologías como las enfermedades mentales y neurodegenerativas (Marchioli y otros, 2002). Los resultados han demostrado que consumir AGPI n-3 puede reducir el riesgo de engrosamiento anormal de las arterias (arteriosclerosis) debido a depósitos de grasa en las paredes internas de las arterias (von Schacky y otros, 2007). El EPA es un eicosanoide originado a partir de la oxigenación de los ácidos grasos esenciales de 20 carbonos tipo omega-3 y omega-6, que al igual que el resto de eicosanoides, cumple amplias funciones como mediador para el sistema nervioso central, los eventos de la inflamación y de la respuesta inmune tanto en vertebrados como en invertebrados. Además tiene efectos hipotriglicéridémicos e hipocolesterolémicos (Halliday, 2007).

El ácido docosahexaenoico (DHA) es un ácido graso omega-3 de cadena larga derivado del ácido alfa-linolénico. El DHA, junto con el ácido araquidónico, es el ácido graso poliinsaturado que se encuentra en mayor concentración en el tejido nervioso. Se ha propuesto que el DHA tiene un importante rol en la formación y en la función del sistema nervioso, particularmente en el cerebro. Su mecanismo

de acción aún no está totalmente dilucidado pero se propone que actuaría a nivel de las membranas celulares regulando sus funciones metabólicas y también a nivel de la expresión de genes relacionados con la función cerebral. (Sanhueza y otros, 2004). A pesar de las recomendaciones sobre la inclusión en la dieta alimenticia de AGPI n-3, especialmente aquellos de cadena larga como el DHA y el EPA, la casi exclusiva dependencia del pescado como fuente de los mismos, aunado a que las sociedades occidentales modernas tienden a incluir muy poco pescado en la dieta, ya sea por su precio o por su disponibilidad, suponen que el consumidor prefiera alimentos de mayor comodidad y menor precio (Mantzioris y otros, 2000).

Los avances en la industria alimentaria han permitido que se adicionen AGPI n-3 a otros alimentos. Sin embargo, la producción de alimentos enriquecidos con ácidos grasos n-3 es técnicamente difícil y requiere de métodos especiales para producir un aceite de pescado adecuado, apropiado para la adición a alimentos, sin olor ni sabor a pescado. (Carrero y otros, 2005). Actualmente, nuestra dieta posee un exceso de Omega-6 y un déficit de los Omega-3. Los Omega 6 están presentes en todos los aceites, mayonesas y productos elaborados, que actualmente se consumen en exceso. La relación de Omega-6 y Omega-3 ideal es lo más cercana a 3:1. Actualmente esta relación se empina sobre 12:1, e incluso en muchas partes es de 25:1, por esta razón se busca aumentar la ingesta de Omega-3 en la dieta humana y aunque no existen aún en forma oficial, pero según la mayoría de los expertos, debieran fluctuar entre los 300 y 500 mg/día. (Morales y otros, 2010).

Otro grupo principal dentro de los ácidos grasos, lo constituyen los llamados ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), también conocidos como omega-9. El principal representante de la familia omega-9 es el ácido oleico (C18:1) (Valenzuela y otros, 2009). Si bien este ácido graso no es esencial, se sabe que tiene efectos hipocolesterolémicos. (Valenzuela, 2007). Asimismo, se ha demostrado que el ácido oleico disminuye la intensidad de algunos procesos inflamatorios, al disminuir la producción de mediadores quimiotácticos de inflamación. Por otro lado, el ácido oleico resulta también beneficioso en enfermedades cardiovasculares, principalmente en la aterosclerosis, no sólo por su efecto directo sobre parámetros inflamatorios, sino también por su efecto sobre los procesos oxidativos que contribuyen al desarrollo de esta enfermedad y puede compensar el efecto pro inflamatorio de las dietas con elevado contenido graso o con ácidos grasos *trans* (Mesa y otros, 2006). El ácido oleico tiene también un efecto favorable en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, debido a que reduce los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad (Castro-Bolaños y otros, 2005).

- **¿Son saludables las grasas de los insectos?**

En lo que respecta a la relación con otros productos empleados para la alimentación humana, se puede afirmar que, tanto las carnes como el pescado contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados que los insectos, mientras que el ácido esteárico es muy bajo en estos últimos. (Ramos-Elorduy y otros, 2007). La mayor parte de las grasas en los insectos es de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados y son los que albergan la mayor cantidad de ellas y con ello no

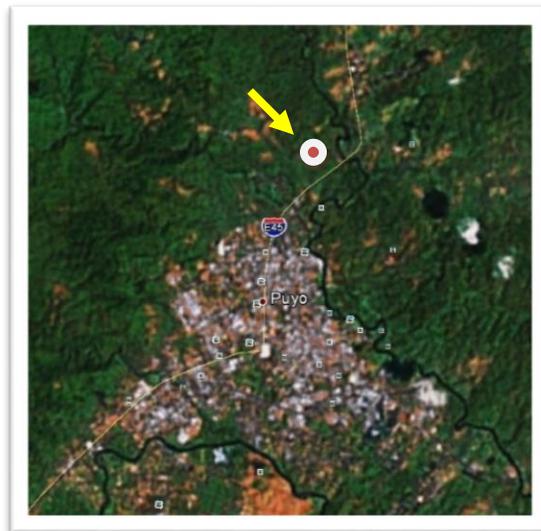
dañinas al organismo (Ramos-Elorduy, 2009). Con estos antecedentes, se vuelve esencial buscar fuentes alternativas y sustentables de ácidos grasos poliinsaturados, particularmente de los Omega-3, que permitan suplir las necesidades nutricionales de la población, especialmente de los lactantes, en la que las larvas de insectos como el *R. palmarum* puedan adquirir un papel protagónico, teniendo en cuenta que los lípidos que constituyen las grasas de los insectos son, en su mayoría, del tipo insaturado y poliinsaturado y, así, son los necesarios para el organismo y no dañinos, habiéndose reportado la presencia de ácidos grasos como el caprónico, caprílico, cáprico, láurico, oleico, linolénico, esteárico, palmítico, mirístico, entre otros, pudiendo proveer la energía necesaria para realizar diferentes tareas y funciones orgánicas (Ramos -Elorduy, 2004). Por esta razón, los insectos comestibles deben ser considerados como una alternativa potencial para mejorar la seguridad alimentaria. Los insectos son una fuente considerable de grasa. Sus grasas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados, de los cuales los más esenciales son el ácido linoléico y el ácido linolénico. Además, el ratio de ácidos grasos poliinsaturados/saturados; en la mayoría de casos, supera el 0.8; asociado con niveles deseables de colesterol, lo cual sugiere que los insectos tienen potencial para ser usados en el control de ciertas enfermedades coronarias. Por esta razón, el consumo de insectos, compensaría la insuficiencia de ácidos grasos esenciales, provistos principalmente por los aceites vegetales (Womeni y otros, 2009).

III. MATERIALES Y METODOS

- **Localización y duración del experimento**

El presente experimento se llevó a cabo en las instalaciones y laboratorios con los que cuenta la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, ciudad de Puyo; y, que corresponden a las coordenadas geográficas 1° 28' 2" Sur, 77° 59' 48" Oeste.

Gráfico 1.- Campus Universitario UEA



Fuente: Google Earth

Adaptación: Landívar, 2011.

- **Condiciones meteorológicas**

Tabla N° 1.- Condiciones meteorológicas

PARÁMETRO	VALOR
Altitud:	954 m.s.n.m.
Humedad relativa:	85%
Temperatura:	25,9 °C
Pluviosidad:	4500 mm/año
Heliofanía:	1048,4 Hrs/año

Fuente: INAMHI, 2011.

- **Materiales y equipos:**

- **Material de partida:**

- Larvas de *Rhynchophorus palmarum*.

- **Utensilios para la investigación:**

- Instrumental de laboratorio
- Cristalería de laboratorio

- **Equipos:**

- Estufa
- Mufla
- Equipo extractor Soxhlet
- Parrillas de calentamiento

- **Factor de estudio**

El factor de estudio del presente trabajo investigativo constituye el proceso de extracción de grasa a partir de larvas de de *R. palmarum*, el mismo que se efectuó por digestión alcalina.

- **Diseño experimental**

El presente trabajo investigativo consistió en evaluar el método de digestión alcalina para la extracción de grasa a partir larvas de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae).

Tabla N° 2.- Diseño experimental

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
NÚMERO DE TRATAMIENTOS	Dos (2), correspondiente al método propuesto de Digestión Alcalina (A1M1-D) y al método Soxhlet que se usará como referencia (A2M2-S)
NÚMERO DE OBSERVACIONES POR MUESTRA	Diez (10)
UNIDAD EXPERIMENTAL	Cada unidad experimental estará constituida por un 50g de pasta homogenizada de larvas de <i>R. palmarum</i>
NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES	Diez (10) en base al modelo de proceso tecnológicos y a las observaciones planteadas.

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

- **Tratamientos**

Los tratamientos aplicados en el experimento corresponden a los descritos en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3.- Detalle de tratamiento del experimento

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
A1M1-D	Extracción por Digestión Alcalina
A2M2-S	Extracción por método Soxhlet

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

- **Mediciones experimentales**

- **Variables**

Se analizaron las siguientes variables:

- a) Cantidad de grasa obtenida, por el método de extracción propuesto, expresada en [mL].
- b) Variables Respuesta: Se determinó acidez, rancidez, índice de peróxidos, contenido de vitamina A y de vitamina E, así como el perfil de lipídico, al extracto graso obtenido.

Tabla N° 4.- Mediciones experimentales

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD
1. CANTIDAD DE GRASA OBTENIDA	--	[g]
2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		
a. Vitamina A	HPLC (FIL 142: 1990)	UI/100g
b. Vitamina E	HPLC (AOCS Ce 8-89)	UI/100g
c. Acidez (Ácido oleico)	INEN 38	%
d. Rancidez	TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO) (AOCS Cd 19 –90)	--
e. Índice de peróxidos	INEN 1639	meq O ₂ /Kg
f. Perfil Lipídico	Cromatografía Gaseosa HPLC (AOCS Ce 1-62)	%
g. Materia seca	(A.O.A.C. 950.46)	%
h. Ceniza	INEN 0786	%
i. Grasa	(A.O.A.C. 991.36)	%

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

- **Análisis estadísticos**

Para evaluar la influencia del Factor de estudio se utilizó el software STARGRAPHIC Centurion 15.2.06., con la opción COMPARACIÓN DE DOS MUESTRAS. El análisis de las demás variables se realizó mediante estadígrafos descriptivos.

- **Manejo del experimento**

- **Adquisición de las larvas**

Para la presente investigación se tomó como material de partida larvas de *R. palmarum*, con un peso aproximado de 10g, adquiridas en mercados locales.

- **Análisis Preliminares de las larvas**

Para efectos del análisis de materia seca, ceniza y grasa, en las larvas de *R. palmarum*, se tomaron muestras compuestas aleatorias, conforme señalan las técnicas mencionadas en el acápite anterior. Estos análisis se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

Para la determinación de materia seca, se indujo el letargo de las larvas por exposición al frío. Se utilizó una modificación de la norma (A.O.A.C. 950.46-1991, 2006), con una temperatura de secado de 55°C, debido a que, en un ensayo preliminar se observó que temperaturas superiores provocaban la salida espontánea de la grasa de las larvas.

La materia seca obtenida de los ensayos descritos se utilizó posteriormente para la determinación de grasa, que se la realizó con el método (A.O.A.C. 991.36-2005, 2006). La determinación de cenizas se realizó en base a la norma (NTE INEN 0786: 85, 1985).

- **Extracción por Digestión Alcalina**

Se realizaron diez ensayos, cada uno con 50g de pasta de larvas homogenizada en un molino de cuchillas y que fue sometida a un proceso de digestión con 2% de NaOH y un 20% de agua, a 80°C durante 20 minutos; con agitación constante.

La digesta resultante se centrifugó a 3500 RPM durante 10 minutos, obteniéndose una fracción líquida y una emulsión a la que se le añadió un 20% de etanol absoluto anhidro. La mezcla resultante se mantuvo en agitación durante 10 minutos y fue centrifugada a 3500 RPM por otros 10

minutos. La fracción acuosa fue descartada y la fracción oleosa se filtró a 50°C, con papel filtro de grado analítico.

A modo de referencia, se realizó un fraccionamiento físico de estearinas y oleínas, utilizando como principio la diferencia en el punto de fusión entre estas, por cuanto la fracción esteárica permanece sólida a determinadas temperaturas. Para ello se tomaron temperaturas de 20°C, 25°C y 30°C como indicadores, separándose las fracciones con ayuda de una centrífuga, programada para 4000 RPM, durante dos minutos.

- **Comparación con la extracción por método Soxhlet**

Para evaluar el rendimiento de grasa, obtenido por el método de digestión alcalina, se compararon los resultados con el rendimiento de grasa extraída por el método Soxhlet. Con el fin de determinar la cantidad de grasa obtenida, se realizaron las respectivas mediciones al final de cada extracción, guardando registro de todas las observaciones.

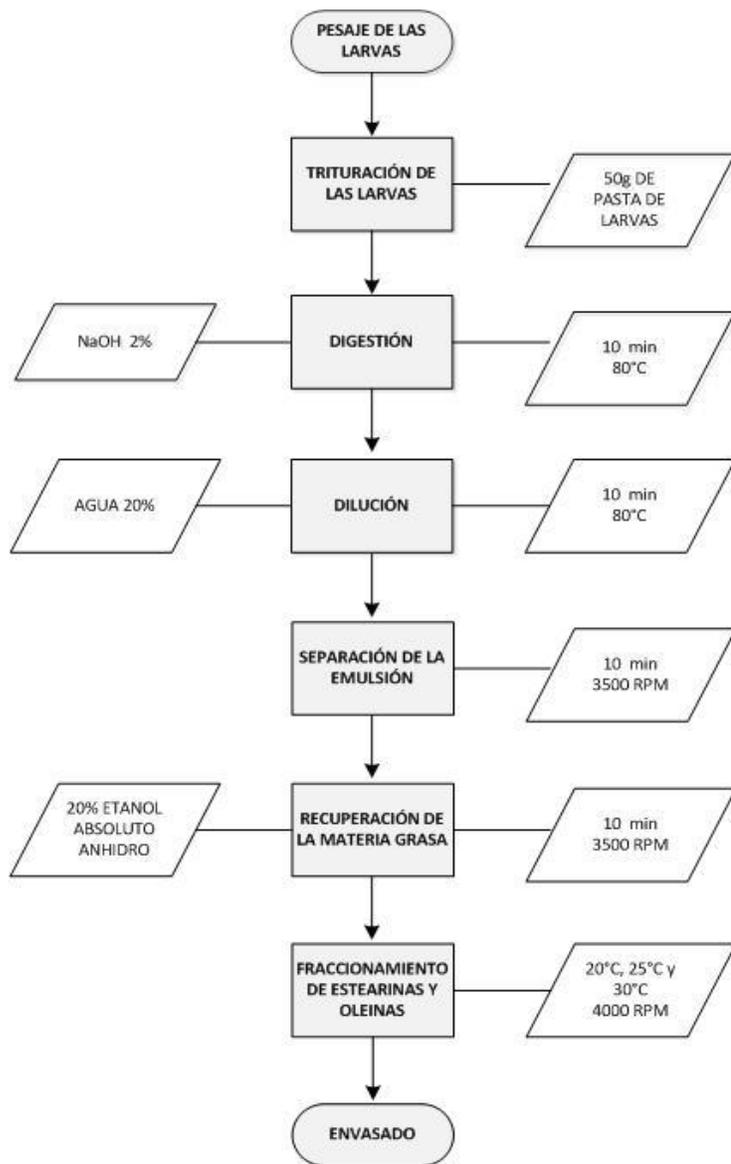
- **Análisis de las muestras**

La determinación de acidez, índice de peróxidos, rancidez, vitamina A; vitamina E y el perfil lipídico del extracto graso obtenido, se realizó en el Laboratorio LASA de la ciudad de Quito, remitiéndose dos muestras correspondientes al extracto obtenido por digestión alcalina (A1M1-D) y al extracto obtenido por el método Soxhlet (A2M2-S). La acidez fue analizada en el mencionado laboratorio; observando la norma INEN 38, el índice de peróxidos con la norma INEN 1639, la rancidez mediante el método del Ácido Tiobarbitúrico (TBA) (AOCS Cd 19 -90). El perfil lipídico fue determinado por Cromatografía Gaseosa (AOCS Ce 1-62) y las vitaminas A

y E, mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución. (HPLC) (FIL 142: 1990 y AOCS Ce 8-89).

El Flujoograma del proceso de Digestión Alcalina se describe en el Gráfico 2.

Gráfico 2.- Flujoograma del método de Digestión Alcalina



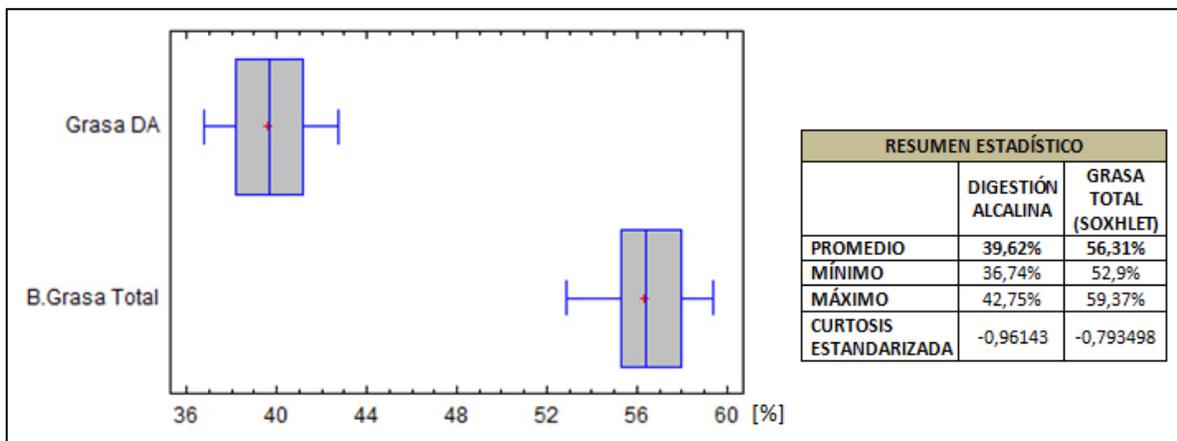
Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Evaluación del método de Digestión Alcalina:

Como se aprecia en el **gráfico 3**, existen diferencias significativas (con un valor-P menor a 0.05) entre el método de Digestión Alcalina y el método Soxhlet, en cuanto al rendimiento de extracción de grasa.

Gráfico 3.- Comparación del método de Digestión Alcalina con el método Soxhlet



Fuente: STARGRAPHIC Centurion 15.2.06.

Adaptación: Landívar, 2012.

Esto puede atribuirse a que el método Soxhlet, a diferencia del método de Digestión Alcalina, emplea un solvente (éter de petróleo) y la extracción se efectúa por flujo de arrastre. De este modo, por el método de Digestión Alcalina, se obtuvo una media de **39.62%**, comparado con una media de **56.31%** obtenida por el método Soxhlet. Sin embargo, se comprobó que el método de Digestión Alcalina puede emplearse como método para la extracción de grasa a partir de larvas de *R. palmarum*. Este método tiene como ventaja que se realiza sobre muestras frescas,

lo cual elimina la necesidad de llevarlas a peso constante, con la consecuente inversión energética requerida para tal efecto.

Igualmente, este método no requiere de solventes orgánicos de elevado costo, como hexano o éter de petróleo. Al someter las muestras de grasa extraída por Digestión Alcalina y por el método Soxhlet a 80°C durante 12 horas, la muestra de grasa obtenida por Digestión Alcalina no mostró signos de alteración, mientras que aquella obtenida por el método Soxhlet mostraba evidentes signos de deterioro, como decoloración y formación de aromas desagradables. Por otro lado, aunque los rendimientos de extracción por Digestión Alcalina son aceptables, es necesario perfeccionar la técnica empleada en futuros ensayos, a fin de aumentar el rendimiento de extracción de grasa.

- **Composición del extracto graso**

La composición de la grasa en las larvas de *R. palmarum*, determinada en esta investigación y reportada en la **Tabla N° 5**, muestra un contenido elevado de ácidos grasos monoinsaturados (**60.40%**).

Tabla N° 5.- Contenido graso en larvas de *R. palmarum*

CLASIFICACIÓN	RESULTADOS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO
ÁCIDOS GRASOS SATURADOS	36,80	%	CROMATOGRAFÍA GASEOSA (AOCS Ce 1-62)
ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	60,40	%	
ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	1,46	%	

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

Al comparar la composición del extracto graso obtenido de larvas de *R. palmarum*, con el reportado por Nzikou y otros (2010) para larvas de *R. phoenicis*, como se muestra en la **Tabla N° 6**, se evidencia que, entre ambas larvas, existe una diferencia en el contenido de ácidos grasos.

Tabla N° 6.- Composición de grasos de *R. palmarum* y *R. phoenicis*

PARÁMETRO	<i>R. phoenicis</i>	<i>R. palmarum</i>
Láurico (C12:0)	0.22	0,08
Mirístico (C14:0)	3.69	2,76
Palmitico (C16:0)	31.10	28,01
Palmitoleico (C16 :1)	2.96	1,20
Esteárico (C18:0)	3.59	5,95
Oleico (C18 : 1)	41.09	59,20
Linoleico (C18 :2)	12.50	1,14
Linolénico (C18 :3)	3.70	0,32
Saturados	38.60	36,80
Insaturados	61.40	61,86

Fuente: Nzikou y otros, 2010; Landívar, 2012.

Como se aprecia, existe una diferencia de 1.80% en el contenido de ácidos grasos saturados y una diferencia de 0.46% en cuanto a ácidos grasos insaturados, siendo predominantes los ácidos grasos saturados en larvas de *R. phoenicis*, mientras que los ácidos grasos insaturados, predominan en larvas de *R. palmarum*. Del mismo modo, pueden apreciarse diferencias en el contenido individual de ácidos grasos, reportado para ambas larvas, siendo de especial interés el valor superior de ácido oleico presente en larvas de *R. palmarum*.

- **Comparación con algunos aceites de consumo tradicional**

En cuanto a su composición, la grasa extraída de larvas de *R. palmarum* presenta un contenido elevado de ácido oleico (**59,20%**), superior al reportado por Scherr y otros (2010) para los aceites de girasol, soya y maíz, aunque menor respecto al aceite de canola. Del mismo modo, el contenido de ácido oleico es inferior al descrito por Oliveras (2005) para el aceite de oliva, como puede apreciarse en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7.- Comparación de ácidos grasos de la grasa de *R. Palmarum* con otros aceites de consumo tradicional

PARÁMETRO	<i>R. palmarum</i>	CANOLA*	GIRASOL*	SOYA*	MAÍZ*	OLIVA (EXTRA VIRGEN)**
Saturados	36,80	8,40	10,30	17,50	16,10	14,23
Monoinsaturados	60,40	63,60	28,20	24,00	35,60	81,07
Poliinsaturados	1,46	28,00	61,60	58,50	48,30	4,70
Palmítico	28,01	5,00	6,50	14,10	13,50	10,39
Oleico	59,20	62,20	28,00	23,40	35,30	80,44
Linoleico	0,32	21,40	61,50	53,30	4,60	4,13

* Tomado de "Grasas en Lácteos, Huevos, Margarinas y Aceites: Implicaciones para la Aterosclerosis" (Scherr, y otros, 2010)

** Tomado de "Calidad del Aceite de Oliva Virgen Extra. Antioxidantes y Función Biológica" (Oliveras, 2005)

Fuente: Landívar, 2012.

En lo referente al contenido de ácido linolénico y linoleico, la grasa extraída de larvas de *R. palmarum* presenta porcentajes reducidos frente a los aceites comestibles referidos, al tiempo que supera a estos en proporción global de ácidos grasos saturados, mientras que su proporción de ácidos grasos monoinsaturados es relativamente alta, teniendo en cuenta su origen animal. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ramos-Elorduy (2009) respecto a que en los insectos predominan los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, pese a

que en este caso, el contenido de estos últimos es relativamente bajo. En base a esto se puede corroborar lo enunciado por Ramos-Elorduy y otros (2004) con relación al carácter saludable de los ácidos grasos presentes en los insectos, debido al elevado contenido de ácido oleico encontrado en este estudio en las larvas de *R. palmarum* y coincidiendo plenamente con Womeni y otros (2009), en cuanto a que los insectos comestibles deben ser considerados como una alternativa potencial para mejorar la seguridad alimentaria y, aunque directamente no se le pueden atribuir las propiedades medicinales del imaginario popular; como las mencionadas por Dué y otros (2007), su alto contenido de ácido oleico demuestra su potencial dentro de la industria farmacéutica, por cuanto; autores como Lopez-Huertas (2010) y Castro-Bolaños y otros (2005) han estudiado los efectos del ácido oleico sobre la incidencia de enfermedades cardíacas, la reducción de los niveles de colesterol en la sangre y sobre la respuesta inflamatoria. Asimismo Gil (2005), reporta otros efectos saludables del ácido oleico como la reducción de la presión arterial, aumento de la vasodilatación arterial y mejoría del metabolismo de la glucosa en la diabetes.

- **Análisis de Parámetros Físicoquímicos**

Con respecto a los parámetros físicoquímicos, que se muestran en la Tabla N° 8, se aprecia que la acidez de la grasa obtenida por Digestión Alcalina es menor a la obtenida por el método Soxhlet.

Tabla N° 8.- Comparación de parámetros fisicoquímicos entre el método de Digestión Alcalina y el Método Soxhlet

PARÁMETRO	DIGESTIÓN ALCALINA	SOXHLET	UNIDAD	MÉTODO EMPLEADO
ACIDEZ (ÁCIDO OLEICO)	0,10	0,20	%	INEN 38
RANCIDEZ	NEGATIVO	NEGATIVO	–	TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO) (AOCS Cd 19 –90)
ÍNDICE DE PERÓXIDOS	< 0,10	0,10	meq O ₂ /Kg	INEN 1639

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

Esta diferencia podría atribuirse a la eventual neutralización de los ácidos grasos libres durante el proceso digestivo. Con respecto al análisis de rancidez, ambas muestras tuvieron resultados negativos, lo cual supone que no existió deterioro de las muestras al momento de realizarse el análisis. El índice de peróxidos reportado muestra una ligera diferencia, siendo menor en la grasa obtenida por digestión alcalina, por lo cual se entiende que la cantidad de miliequivalentes de oxígeno activo fue menor en la grasa obtenida por este método, corroborando que no existió un deterioro oxidativo considerable de la grasa extraída de larvas de *R. palmarum*.

- **Contenido de vitamina A y vitamina E**

En cuanto al contenido de vitamina A, la muestra de grasa obtenida por el método Soxhlet, obtuvo un valor de **1677.5UI/100g (0.50mg/100g)**, mientras que de vitamina E se obtuvo un valor de **10.2UI/100g (6,80mg/100g)**. En la muestra obtenida por Digestión Alcalina obtuvo un valor de vitamina A de **966.4UI/100g (0.289mg/100g)** y un valor de **8.4UI/100g (5.6mg/100g)**, como se reporta en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9.- Determinación de vitamina A y vitamina E

PARÁMETRO	DIGESTIÓN ALCALINA	SOXHLET	UNIDAD	MÉTODO EMPLEADO
VITAMINA A	966,40	1677,50	UI/100g	HPLC (FIL 142: 1990)
VITAMINA E	8,40	10,20	UI/100g	HPLC (AOCS Ce 8-89)

Fuente: Experimento

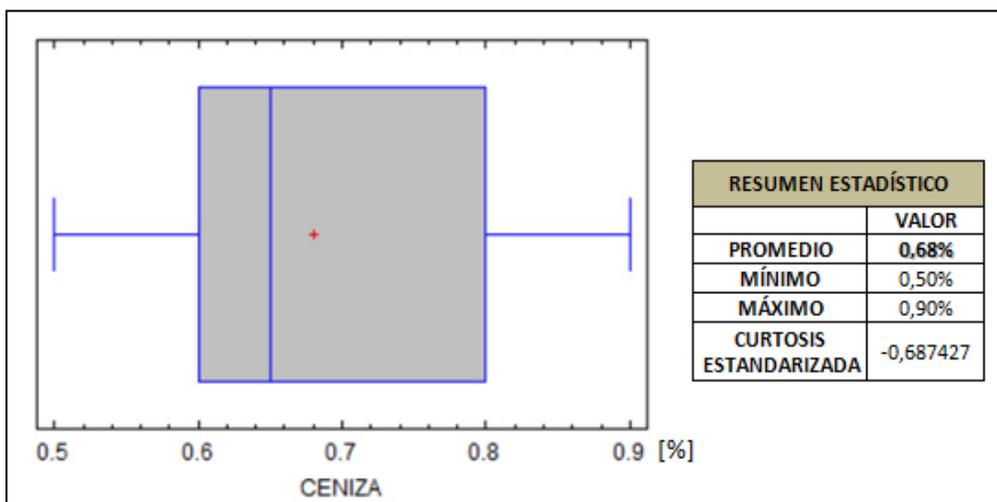
Adaptación: Landívar, 2012.

Respecto al contenido de vitamina A, el contenido de ambas muestras es considerablemente mayor al reportado por Ramos-Elorduy y otros (2001) para otros insectos comestibles, corroborando lo señalado por Cerda y otros (1999), en relación a que la larva de *R. palmarum* es rica en vitamina A. En cuanto al contenido de vitamina E, la grasa de larvas de *R. palmarum* es relativamente bajo en comparación con el aceite de oliva (12 mg/100 g) aunque superior en relación a la yema de huevo (3 mg/100 g) y a las carnes en general (4 mg/100 g). A modo de referencia, cabe citar que los requerimientos diarios de vitamina A para adultos son de 900 mcg para hombres y 700 mcg para mujeres, mientras que en el caso de la vitamina E, éste se establece en 15 mg para un adulto.

- **Determinación de ceniza**

Con respecto al análisis de ceniza, se determinó un promedio de **0.68%**, con un valor mínimo de 0.5% un máximo de 0.9% en las muestras analizadas. Tal como se aprecia en el Gráfico 4.

Gráfico 4.- Análisis de ceniza



Fuente: STARGRAPHIC Centurion 15.2.06.

Adaptación: Landívar, 2012

Como se puede apreciar, el mayor número de cuantiles se ubicó en valores que tienden hacia el valor máximo reportado y el valor promedio determinado en los ensayos concuerda con lo descrito por Cerda y otros (1999) quienes reportan un promedio de cenizas en larvas de *R. palmarum* de 0.6%.

- **Análisis de Grasa Total**

El valor de grasa total de las larvas de *R. palmarum* obtenido en los ensayos (56.31%) supera lo reportado por Sánchez y otros (1997) quienes determinaron un contenido graso de 47,41% en base seca y es menor al contenido graso total reportado por Nzikou y otros (2010) para larvas de *R. phoenicis*, quienes señalan un 68.5% de grasa en base seca. Sin embargo, se puede comparar a lo reportado por Dufour (1987), con un 55.0% de grasa en base seca; para larvas de *R. palmarum*. Al comparar el promedio de grasa obtenido en esta investigación, con otros alimentos de origen animal; consumidos por indígenas sudamericanos; tal

como lo describen Paoletti y otros (2002), así como con otras alimentos de consumo tradicional, se aprecia que el contenido graso en las larvas de *R. palmarum* supera ampliamente al resto de alimentos reportados, como se muestra en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10.- Comparación con otros alimentos

ALIMENTO	CONTENIDO GRASO
Hormiga (hembra) <i>Atta sexdens</i> *	34,7
Hormiga (hembra) <i>Atta cephalotes</i> *	25,8
Larvas de <i>R. palmarum</i>	56,31
Termitas <i>Syntermes</i> sp.*	4,9
Pescado ahumado**	7
Tapir ahumado**	11,9
Carne de res**	16,9
Hígado de res**	4,5
Chuleta de cerdo**	7,5
Pechuga de pollo**	9,3
Hamburguesa**	5,7

* Tomado de "Insects as Food: A Case Study from the Northwest Amazon" (Dufour, 1987)

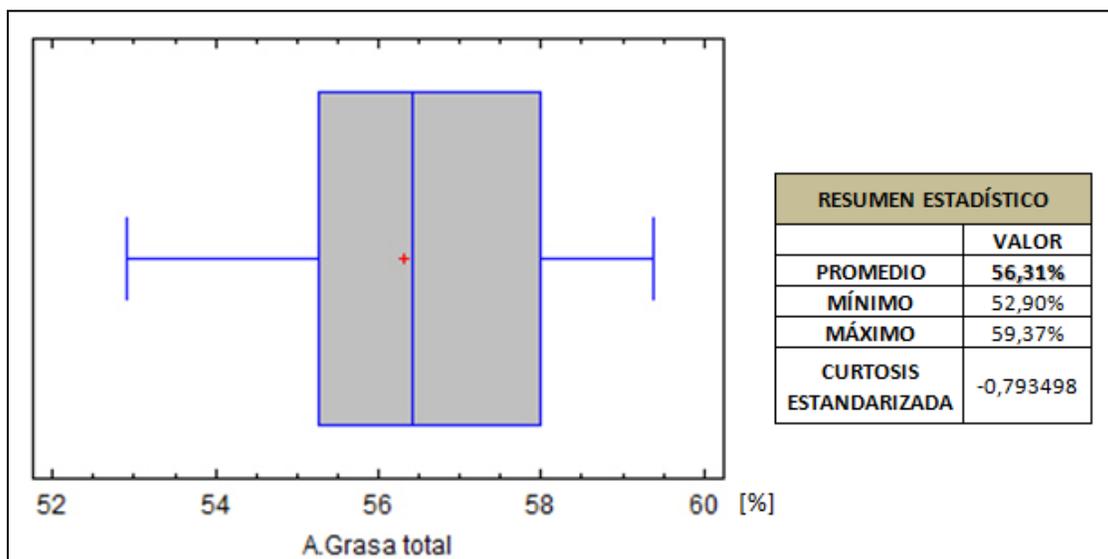
** Tomado de "MINILIVESTOCK" (Paoletti, y otros, 2002)

Fuente: Experimento

Adaptación: Landívar, 2012.

En el gráfico 5, se puede observar el comportamiento de los ensayos realizados para la determinación de materia grasa.

Gráfico 5. Análisis de Grasa Total



Fuente: STARGRAPHIC Centurion 15.2.06.

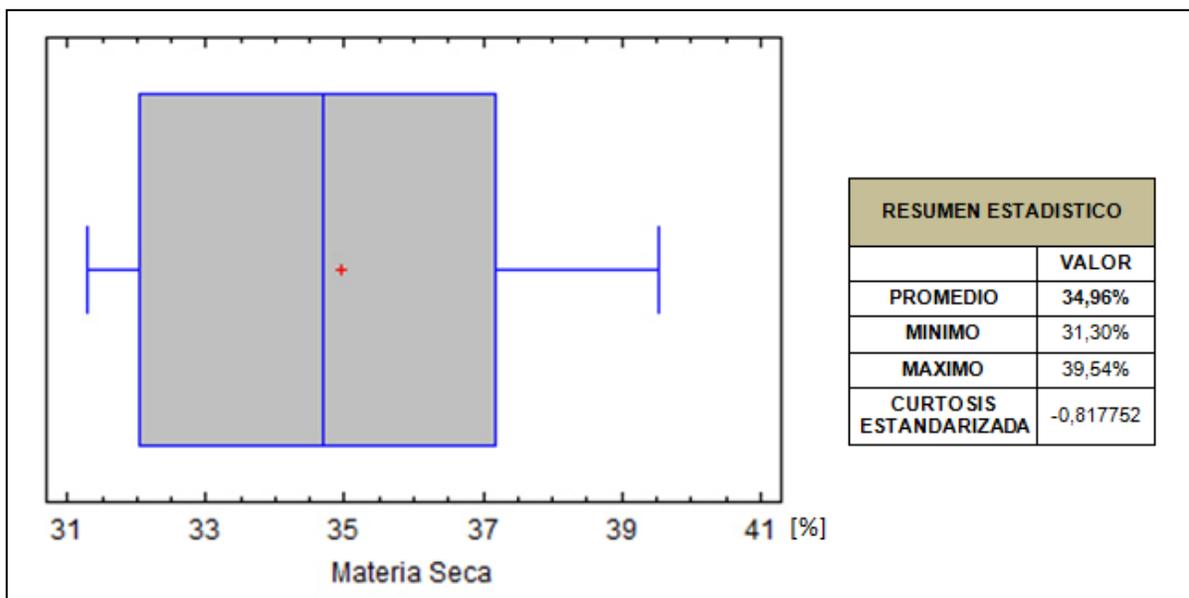
Adaptación: Landívar, 2012.

En los ensayos se obtuvo como valor mínimo 52.9% y como máximo 59.37% en el contenido graso y, en el análisis realizado con el software STARGRAPHIC Centurion 15.2.06.; se determinó que los datos obtenidos presentan normalidad estadística. Respecto a la curtosis, los datos observan una distribución platicúrtica (curtosis estandarizada = -0,793498), que se interpreta como una distribución uniforme, con valores homogéneos, comportamiento que puede asumirse para la población representada por la muestra experimental.

- **Análisis de materia seca**

La determinación de cenizas se muestra en el gráfico 6.

Gráfico 6.- Análisis de Materia Seca



Fuente: STARGRAPHIC Centurion 15.2.06.

Adaptación: Landívar, 2012.

Se determinó una media de **34.96%** de materia seca en las larvas de *R. palmarum*, valor superior a lo reportado por Cerda y otros (1999) con una media de materia seca de 28.3% y al promedio de materia seca de 29.72% descrito por Sánchez y otros (1997). Del análisis estadístico se determinó que los datos tienen distribución normal, por lo que su comportamiento es representación de la población estadística. Pese a que se determinó un valor máximo de 39.54% y un mínimo de 31.3%, la tendencia de las muestras se inclina hacia el menor valor, tal como se observa en el gráfico anterior.

V. CONCLUSIONES

1. En base a los resultados obtenidos, se concluye que el método de Digestión Alcalina ofrece perspectivas de escalado a nivel industrial, ya que sus rendimientos son aceptables, permite la extracción en fresco y no produce alteraciones en la composición y propiedades fisicoquímicas del extracto graso obtenido.
2. El extracto graso obtenido de larvas de *R. palmarum*, tiene un elevado contenido de ácidos grasos insaturados, destacando el ácido oleico, así como un contenido significativo de vitamina A y vitamina E, por lo que presenta un potencial en el ámbito farmacéutico y como aditivo o materia prima en la industria de alimentos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con investigaciones multidisciplinarias; que profundicen en el conocimiento sobre las propiedades tecnológicamente funcionales del extracto graso de las larvas de *R. palmarum*, así como de sus demás componentes.
2. En lo referente a la metodología de extracción propuesta, es importante continuar con investigaciones para desarrollar tecnología que viabilice la aplicación industrial del método de Digestión Alcalina, en base a los lineamientos que se han expuesto en este trabajo.

VII. RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la Digestión Alcalina como método para extraer grasa de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. Se determinó el contenido de materia seca (A.O.A.C. 950.46), ceniza (INEN 0786), materia grasa (A.O.A.C. 991.36) en las larvas de *R. palmarum*. Se realizó un análisis fisicoquímico del extracto graso; para determinar su acidez (INEN 38), rancidez (AOCS Cd 19 –90), índice de peróxidos (INEN 1639), contenido de vitamina A (FIL 142: 1990) y vitamina E (AOCS Ce 8-89). Se compararon los parámetros referidos con los obtenidos de una muestra extraída por el método Soxhlet. Se analizó el perfil lipídico del extracto graso de larvas de *R. palmarum*, por cromatografía gaseosa (AOCS Ce 1-62) y se obtuvo como resultado un promedio de 34.96% de materia seca, 0.68% de ceniza y 56.31% en materia grasa. Se determinó que el extracto graso de larvas de *R. palmarum* es rico en ácidos grasos monoinsaturados (60.4%), destacando el ácido oleico (59.2%), así como contenidos significativos de vitamina A y vitamina E, en comparación con otros insectos comestibles y alimentos de consumo tradicional. Se concluyó que el método de digestión alcalina tiene posibilidades de escalado a nivel industrial y que el extracto graso de larvas de *R. palmarum* tiene potencial farmacéutico y como materia prima o aditivo en la industria alimentaria.

Palabras claves: *Rhynchophorus palmarum* L., larvas, Extracto graso, Digestión Alcalina, Análisis físico-químico, Perfil de ácidos grasos.

VIII. SUMMARY

In the present study Alkaline Digestion was evaluated as a method to extract fat from *Rhynchophorus palmarum* L. larvae. Dry matter content (AOAC 950.46), ash content (INEN 0786) and fat content (AOAC 991.36) were determined in *R. palmarum* larvae. Physical-chemical analysis was performed to fatty extract, to determine its acidity (INEN 38), rancidity (AOCS Cd 19 -90), peroxide (INEN 1639), vitamin A (FIL 142: 1990) and vitamin E (AOCS Ce 8-89). These parameters were compared with those obtained from a sample extracted by Soxhlet method. The lipid profile of *R. palmarum* fatty extract was analyzed by gas chromatography (AOCS Ce 1-62). Results obtained showed an average of 34.96% dry matter, 0.68% ash and 56.31% fat. The fatty extract of *R. palmarum* larvae is rich in Monounsaturated Fatty Acids (60.4%), particularly oleic acid (59.2%) and significant content of vitamin A and vitamin E, compared with other edible insects and traditional-consumption foods. It was concluded that Alkaline Digestion method has industrial scale potential and fatty extract of *R. palmarum* larvae has potential in pharmaceutical industry, as well as in food industry as raw material or additive.

Key words: *Rhynchophorus palmarum* L., larvae, Fatty extract, Alkaline digestion, Physical-chemical analysis, Fatty acids profile.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- **A.O.A.C. 950.46-1991 AOAC** AOAC Official Method 950.46 Moisture in Meat [Informe] / AOAC INTERNATIONAL. - [s.l.] : AOAC INTERNATIONAL, 2006. - pág. 1 de 1.
- **A.O.A.C. 991.36-2005 AOAC** Fat (Crude) in Meat and Meat Products Solvent Extraction (Submersion) Method [Informe] / AOAC INTERNATIONAL. - [s.l.] : AOAC INTERNATIONAL, 2006. - pág. 1 de 1.
- **Alviña M.** Indicadores de calidad [Libro] / ed. Lutz Mariane y León Alberto Edel. - Valparaíso : Universidad de Valparaíso, 2003. - págs. 26-37.
- **Arango P.** LOS INSECTOS: UNA MATERIA PRIMA PROMISORIA CONTRA LA HAMBRUNA [Publicación periódica] // REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN. - 2005. - págs. 33-37.
- **Araujo Y. y Beserra P.** DIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS CONSUMIDOS POR LAS ETNIAS YANOMAMI Y YEKUANA DEL ALTO ORINOCO, VENEZUELA [Publicación periódica] // Scielo Perú. - 2007. - págs. 318-323.
- **Banjo A. D., Lawall O. A. y Songonuga E. A.** The nutritional value of fourteen species of edible in in southwestern Nigeria [Publicación periódica] // African Journal of Biotechnology. - [s.l.] : Academic Journals, 02 de Febrero de 2006. - 03 : Vol. 05. - págs. 298-301.
- **Barragán A. y Carpio C.** PLANTAS COMO ALIMENTO DE INVERTEBRADOS ÚTILES [Publicación periódica] // Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. - 2008. - págs. 76-79.
- **Barragán A. [y otros]** THE HISTORY OF ENTOMOLOGY IN ECUADOR [Publicación periódica] // Anuario de la Sociedad Francesa de Entomología. - 2009. - 45 : Vol. 04. - págs. 410-423.
- **Carrero J.J. [y otros]** Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para mejorar su ingesta [Publicación periódica] // Nutrición Hospitalaria. - Granada : Puleva Biotech, S. A., 2005. - 20 : Vol. 01. - págs. 63-69.
- **Castro-Bolaños M., Herrera-Ramírez C. H. y Lutz-Cruz G.** Composición, caracterización y potencial aterogénico de aceites, grasas y otros derivados producidos o comercializados en Costa Rica [Publicación periódica] // Acta

Médica Costarricense. - San José : SciELO, Enero de 2005. - 01 : Vol. 47. - págs. 36-42.

- **Cerda H. [y otros]** CRIA, ANALISIS NUTRICIONAL Y SENSORIAL DEL PICUDO DEL COCOTERO [Publicación periódica] // ECOTROPICOS . - Caracas - Roma : [s.n.], 1999. - 12 : Vol. 01. - págs. 25-32.
- **Chambi B.** USO DE SUBIDORES PARA LA COSECHA SOSTENIBLE DE AGUAJE Y UNGURAHUI [Publicación periódica] // Pro Naturaleza, Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza. - 2010. - págs. 1-25.
- **Choo J., Egleé Z. y Simpson B.** The Importance of Traditional Ecological Knowledge for Palm-weevil Cultivation in the Venezuelan Amazon [Publicación periódica] // Journal of Ethnobiology. - [s.l.]: Society of Ethnobiology, 2009. - 01 : Vol. 29. - págs. 113-128.
- **Costa E. M. y Ramos-Elorduy J.** LOS INSECTOS COMESTIBLES DE BRASIL [Publicación periódica] // Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. - 2006. - págs. 423-442.
- **Costa Neto E. M.** Insetos como fontes de alimentos para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes [Publicación periódica] // revista de ciencia y tecnologia de america. - Caracas : asociacion interciencia, marzo de 2003. - 3 : Vol. 28. - págs. 136-140.
- **Costa Neto E. M.** Estudos etnoentomológicos no estado da Bahia: Brasil: uma homenagem aos 50 anos do campo de pesquisa [Publicación periódica] // Biotemas. - 2004. - 01 : Vol. 17. - págs. 117 - 149.
- **De Morales E.** Acidos grasos poliinsaturados de cadena larga en la nutrición del lactante [Publicación periódica] // Rev. Hosp. Mat. Inf. Ramón Sardá. - 1994. - págs. 73-75.
- **DRAE** Diccionario de la Real Academia Española. - 2011.
- **Dué E. A. [y otros]** Fatty acid composition and properties of skin and digestive fat content oils from *Rhynchophorus palmarum* L. larva [Publicación periódica] // African Journal of Biochemistry Research. - [s.l.] : Academic Journals, Abril de 2007. - págs. 89-94.
- **Dufour D. L.** Insects as Food: A Case Study from the Northwest Amazon [Publicación periódica]. - [s.l.] : American Anthropological Association, Junio de 1987. - 89. - págs. 383–397.

- **Establier R.** Vitaminas en los aceites de hígado de pescado [En línea] // Industria Pesquera. - 31 de Julio de 2010. - 15 de Diciembre de 2011. - http://www.industriaspesqueras.com/noticias/galeria_de_colaboradores/3033/vitaminas_en_los_aceites_de_higado_de_pescado-p6.html.
- **FAO** <http://www.fao.org/forestry/65429/es/> [En línea]. - abril de 2011. - 02 de diciembre de 2011. - <http://www.fao.org/forestry/65429/es/>.
- **Gil A.** Papel de los ácidos grasos poliinsaturados en la piel, enfermedades de la piel y otras patologías emergentes [Sección del libro] // Libro Blanco de los Omega-3. Los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud. / aut. libro Gil Ángel y Mataix Verdú Francisco. - [s.l.]: Editorial Médica Panamericana, S.A., 2005. - 01.
- **González P. y García U.** Ciclo Biológico de *Rhynchophorus palmarum* (Col.: Curculionidae) sobre *Washingtonia robusta* en el laboratorio [Publicación periódica] // Revista Peruana de Entomología. - 1992. - 35. - págs. 60-62.
- **Halliday J.** NUTRAingredients.com [En línea] // Water 4 to introduce algae DHA/EPA as food ingredient. - NUTRAingredients.com, 12 de Enero de 2007. - 22 de Enero de 2012. - <http://www.nutraingredients.com/Industry/Water-4-to-introduce-algae-DHA-EPA-as-food-ingredient>.
- **Hidalgo J.R.** Los insectos como alimento [En línea]. - 14 de Julio de 2005. - 04 de diciembre de 2011. - <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/normativa-legal/2005/07/11/19042.php>.
- **INNOVA CHILE CORFO ECOTECNOS BIOTECNOLOGÍA** [En línea]. - 2011. - 22 de Enero de 2012. - <http://www.ecotecnos.cl/pdes.html>.
- **Katayama N. [y otros]** "Entomophagy and space agriculture" [Informe]. - [s.l.]: Institute of Space and Astronautical Science, 2002. - pág. 01.
- **Lopez-Huertas E.** Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies [Publicación periódica] // Pharmacological Research. - [s.l.]: Elsevier, Marzo de 2010. - 03 : Vol. 61. - págs. 200–207.
- **Mantzioris E. [y otros]** Biochemical effects of a diet containing foods enriched with n-3 fatty acids [Publicación periódica] // The American Journal

of Clinical Nutrition. - [s.l.] : American Society for Clinical Nutrition, 2000. - 72. - págs. 42-48.

- **Marchioli R. [y otros]** Early protection against sudden death by n-3 polyunsaturated fatty acids after myocardial infarction: time-course analysis of the results of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico (GISSI)-Prevenzione. [Publicación periódica] // CIRCULATION. - [s.l.] : American Heart Association, 08 de Abril de 2002. - Vol. 105. - págs. 1897-1903.
- **Matehews C.** Alimentación en el destete y dieta familiar [Publicación periódica] // Nutrición y alimentación del niño en los primeros años de vida. OPS/OMS. - 2002. - págs. 423-472.
- **Melo V.** Propone UAM el consumo de insectos ante la crisis mundial [En línea]. - 15 de abril de 2009. - 04 de diciembre de 2011. - <http://noticias.universia.net.mx/ciencia-nyt/noticia/2009/04/15/16169/propone-uam-consumo-insectos-crisis-mundial.html>.
- **Mesa M. D., Aguilera García C. M. y Gil A.** Importancia de los lípidos en el tratamiento nutricional de las patologías de base inflamatoria [Publicación periódica] // Nutricion Hospitalaria. - 2006. - supl. 2 : Vol. 21 . - págs. 30-43.
- **Mexzón R. G. [y otros]** Biología y hábitos de *Rhynchophorus palmarum* L. asociado a la palma aceitera en Costa Rica [Publicación periódica] // ASD Oil Palm Papers. - 1994. - 08. - págs. 14-21.
- **Morales A. [y otros]** Estudio de Mercado para la Elaboración de Omega 3(DHA) a partir de microalgas [En línea]. - UAM, 2010. - 21 de Enero de 2012. - <http://148.206.53.231/UAMI13455.pdf>.
- **NTE INEN 0786: 85 INEN** Carne y productos carnicos. Determinacion de cenizas [Informe] / Instituto Ecuatoriano de Normalización. - 1985. - págs. 1-7.
- **Nzikou J.M. [y otros]** Characterisation and Nutritional Potentials of *Rhynchophorus phoenicis* Larva Consumed in Congo-Brazzaville [Publicación periódica] // Current Research Journal of Biological Sciences. - [s.l.] : Maxwell Scientific Organization,, 20 de Mayo de 2010. - 03 : Vol. 02. - págs. 189-194.

- **Oliveras M. J.** Calidad del Aceite de Oliva Virgen Extra. Antioxidantes y Función Biológica. - Granada : Editorial Universidad de Granada, 2005. - págs. 76-77.
- **Onofre A. [y otros]** Esterificación Enzimática de los Ácidos Grasos Poliinsaturados Aislados del Aceite de Canola [Publicación periódica] // Invurnus . - [s.l.] : Editorial UNISON–URN., 2010. - 02 : Vol. 05. - págs. 23-28.
- **Pantoja C. y Untiveros G.** EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE *Tenebrio molitor* L. [Publicación periódica] // REVISTA DE LA SOCIEDAD QUÍMICA DEL PERÚ. - 2010. - págs. 407-414.
- **Paoletti M. G. y Dufour D. L.** MINILIVESTOCK [Publicación periódica] // Encyclopedia of Pest Management. - [s.l.] : Marcel Dekker, Inc., 2002. - págs. 487-492.
- **Ramos-Elorduy J. [y otros]** La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje [Libro]. - [s.l.] : UNAM, 2004. - Vol. 04 : págs. 329-413.
- **Ramos-Elorduy J.** Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability [Publicación periódica] // Entomological Research. - [s.l.] : The Entomological Society of Korea and Blackwell Publishing Asia Pty Ltd, 2009. - 39. - págs. 271-288.
- **Ramos-Elorduy J.** INSECTOS COMESTIBLES DEL ESTADO DE MEXICO Y DETERMINACIÓN DE SU VALOR NUTRITIVO [Publicación periódica] // Anales del Instituto de Biología de la UNAM. - 1998. - Vol. 69. - págs. 65-104.
- **Ramos-Elorduy J. y Pino Moreno J. M.** Contenido de Vitaminas de Algunos Insectos Comestibles de México [Publicación periódica] // Revista de la Sociedad Química de México. - 2001. - 02 : Vol. 45. - págs. 66-76.
- **Ramos-Elorduy J. y Viejo Montesinos J. L.** LOS INSECTOS COMO ALIMENTO HUMANO, ESPECIAL REFERENCIA A MÉXICO [Publicación periódica] // Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biología. - 2007. - 1-4 : Vol. 102. - págs. 61-84.
- **Salazar-Govea Y. [y otros]** EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA DE ÁCIDOS GRASOS DE LARVA DE MOSCA [En línea]. - Universidad Tecnológica de la Mixteca , 2000. - 15 de Febrero de 2012. - <http://www.utm.mx/~mtello/Extensos/extenso220109.pdf>.

- **Sánchez P., Jaffé K. y Hevia P.** CONSUMO DE INSECTOS: ALTERNATIVA ALIMENTARIA DEL NEOTROPICO [Publicación periódica] // Boletín de Entomología Venezolano. - Julio de 1997. - 12 : Vol. 01. - págs. 125-127.
- **Sanhueza J., Valenzuela A. y Nieto S.** ACIDO DOCOSAHEXAENOICO (DHA), DESARROLLO CEREBRAL, MEMORIA Y APRENDIZAJE: LA IMPORTANCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN PERINATAL [Publicación periódica] // Revista chilena de nutrición. - Santiago : SCIELO, Agosto de 2004. - 02 : Vol. 31. - págs. 84-92.
- **Scherr C. y Pinto Ribeiro J.** Grasas en Lácteos, Huevos, Margarinas y Aceites: Implicaciones para la Aterosclerosis [Publicación periódica] // Archivos de la Sociedad Brasileña de Cardiología. - [s.l.] : Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2010. - 01 : Vol. 95. - págs. 55-60.
- **Sotomayor H. A. [y otros]** La Nutrición de los Nunak. Una Sociedad Amazónica en Proceso de Contacto [Publicación periódica] // MAGUARE. - 1998. - 13. - págs. 117-142.
- **Valenzuela A.** EL CHOCOLATE, UN PLACER SALUDABLE [Publicación periódica] // Revista Chilena de Nutrición. - Santiago : [s.n.], Septiembre de 2007. - 03 : Vol. 34. - págs. 180-190.
- **Valenzuela A. y Morgado N.** LAS GRASAS Y ACEITES EN LA NUTRICION HUMANA: ALGO DE SU HISTORIA [Publicación periódica] // REVISTA CHILENA DE NUTRICIÓN. - [s.l.] : SCIELO, Agosto de 2005. - 02 : Vol. 32. - págs. 88-94.
- **Valenzuela A. y Sanhueza J.** ACEITES DE ORIGEN MARINO; SU IMPORTANCIA EN LA NUTRICIÓN Y EN LA CIENCIA DE ALIMENTOS [Publicación periódica] // Revista Chilena de Nutrición. - [s.l.] : SCIELO, Septiembre de 2009. - 03 : Vol. 36. - págs. 246-257.
- **Valenzuela A., Sanhueza J. y Nieto S.** ¿ES POSIBLE MEJORAR LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS ACEITES COMESTIBLES? [Publicación periódica] // REVISTA CHILENA DE NUTRICIÓN. - Santiago : SCIELO, Octubre de 2002. - Supl. 1 : Vol. 29. - págs. 174-180.
- **Vantomme P.** los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que se suele pasar por alto. - 2010.

- **Viejo Montesinos J. L.** LOS INSECTOS COMO ALIMENTO HUMANO: ¿POR QUÉ NO COMER INSECTOS? [Publicación periódica] // MERIDIES. - 2011. - Vol. 15. - págs. 9-16.
- **Viesca González F. y Romero Contreras A.** LA ENTOMOFAGIA EN MEXICO. ALGUNOS ASPECTOS CULTURALES [Publicación periódica] // El Periplo Sustentable. - México : [s.n.], 2009. - 16. - págs. 57-83.
- **Von Schacky C. y Harris W.** Cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids [Publicación periódica] // Cardiovascular Research. - [s.l.] : ELSEVIER, 2007. - 73. - págs. 310-315.
- **Womeni H. M. [y otros]** Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids [Publicación periódica] // NUTRITION – SANTÉ. - 2009. - 04 : Vol. 16. - págs. 230-235.
- **Xiaoming CHEN, Ying FENG y Zhiyong CHEN** Common edible insects and their utilization in China [Publicación periódica] // Entomological Research. - [s.l.] : The Entomological Society of Korea and Blackwell Publishing Asia Pty Ltd, 2009. - 39. - págs. 299–303.
- **Yen A. L.** EDIBLE INSECTS: TRADITIONAL KNOWLEDGE OR WESTERN PHOBIA? [Publicación periódica] // ENTOMOLOGICAL RESEARCH. - Victoria, Australia : The Entomological Society of Korea And Blackwell Publishing Asia Ltd., 2009. - Vol. 39. - págs. 289-298.
- **Ying L. [y otros]** HORMONAL AND NUTRITIONAL REGULATION OF INSECT FAT BODY DEVELOPMENT AND FUNCTION [Publicación periódica] // ARCHIVES OF INSECT BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY. - [s.l.] : Wiley Periodicals, Inc., 2009. - 01 : Vol. 71. - págs. 16-30.

X. ANEXOS

Gráfico 7.- Larvas listas para trituración



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 8.- Trituración de las larvas



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 9.- Digestión de la pasta de larvas



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 10.- Separación de fases acuosa y lipídica



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 11.- Separación final del extracto graso



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 12.- Secado de larvas



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 13.- Larvas secas y trituradas para análisis de grasa



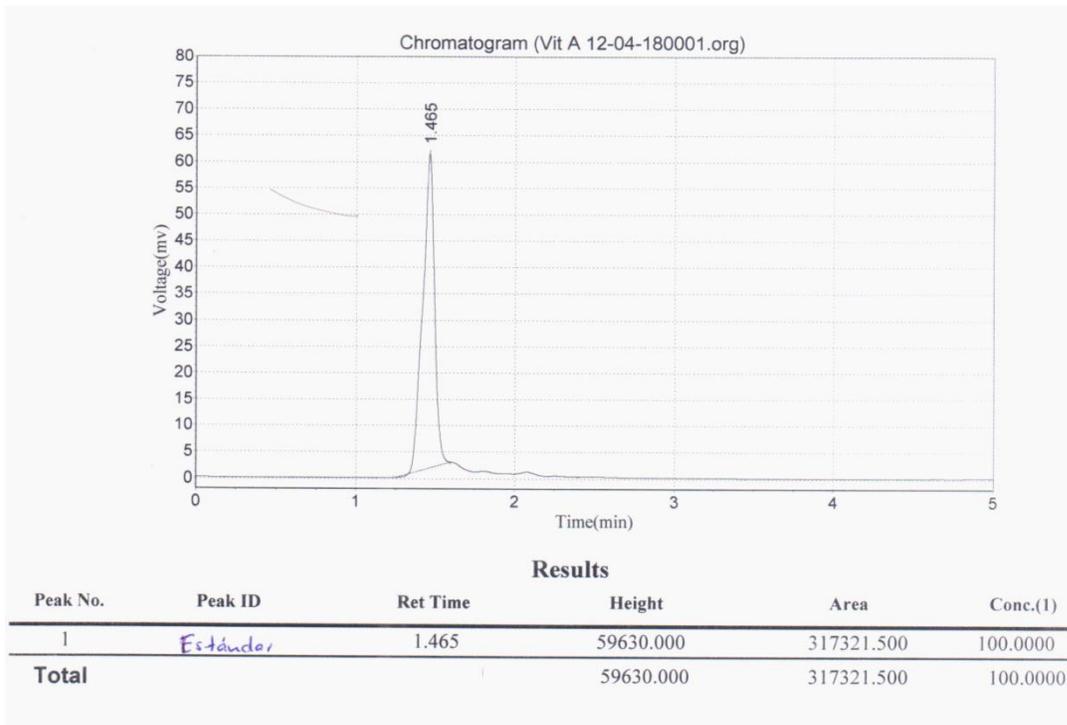
Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 14.- Extracción Soxhlet



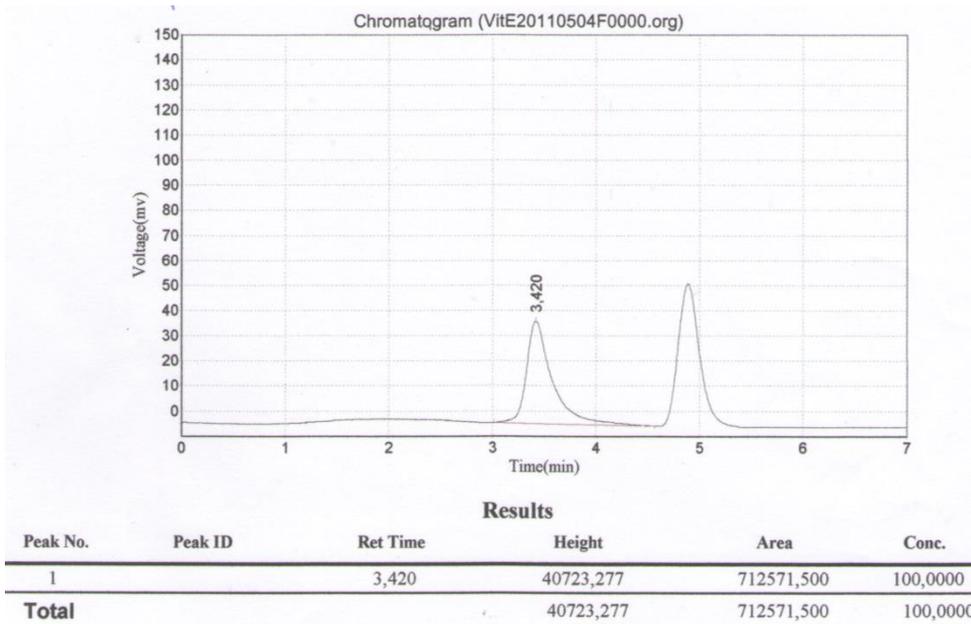
Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 15.- Cromatograma de vitamina A



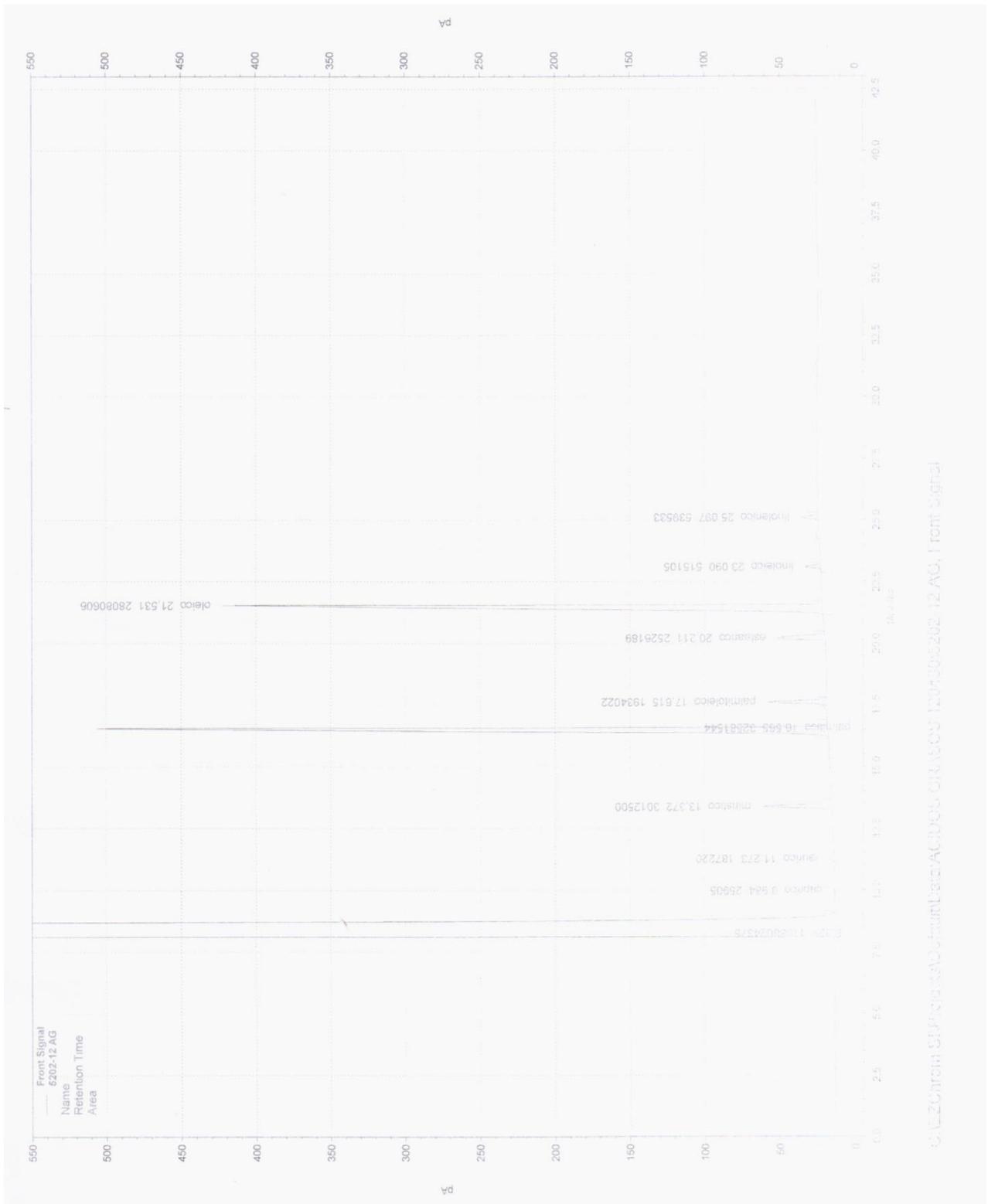
Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 16.- Cromatograma de vitamina E



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Gráfico 17.- Cromatograma del perfil lipídico



Fuente: Experimento
Adaptación: Landívar, 2012.

Anexo 1.-

AOAC Official Method 950.46 Moisture in Meat

39.1.02

AOAC Official Method 950.46
Moisture in Meat
First Action 1950

A. Drying in vacuo at 95°–100°C (Final Action)*

Proceed as in **934.01** (*see* 4.1.03). (Not suitable for high fat products such as pork sausage.)

* Codex Stan 166-1989, Rev. 1-1995, Codex Standard for Quick Frozen Fish Sticks (Fish Fingers), Fish Portions, and Fish Fillets-Breaded or in Batter. Codex Stan 190-1995, Codex General Standard for Quick Frozen Fish Fillets.

B. Air Drying (Final Action 1991)

(a) With lids removed, spread test portion out over base of dish and dry test portion containing ca 2 g dry material 16–18 h at 100°–102°C in air oven (mechanical convection preferred). Use covered Al dish ≥50 mm diameter and ≤40 mm deep. Cool in desiccator and weigh. Report loss in weight as moisture, g.

(b) With lids removed, spread test portion out over base of dish and dry test portion containing ca 2 g dry material to constant weight (2–4 h depending on product) in mechanical convection oven (particularly with high fat samples) or in gravity oven with single shelf at ca 125°C. Use covered Al dish ≥50 mm diameter and ≤40 mm deep. Avoid excessive drying. Cover, cool in desiccator, and weigh. Report loss in weight as moisture, g. (Dried sample residue is not satisfactory for subsequent fat determination.)

References: *JAOAC* **33**, 749(1950); **36**, 279(1953).

Anexo 2.-

AOAC Official Method 991.36 Fat (Crude) in Meat and Meat Products

39.1.08

AOAC Official Method 991.36 Fat (Crude) in Meat and Meat Products

Solvent Extraction (Submersion) Method

First Action 1991

Final Action 1996

[Applicable to meat and meat food products that can be analyzed using **960.39** (*see* 39.1.05), **976.21** (*see* 39.1.06), and **985.15** (*see* 39.1.07).]

Results of the interlaboratory study supporting acceptance of the method:

\bar{x} , 4.34% fat: $s_r = 0.106$; $s_R = 0.112$; $RSD_r = 2.44\%$; $RSD_R = 2.59\%$

\bar{x} , 27.29% fat: $s_r = 0.534$; $s_R = 0.637$; $RSD_r = 1.95\%$; $RSD_R = 2.33\%$

\bar{x} , 27.95% fat: $s_r = 0.648$; $s_R = 0.793$; $RSD_r = 2.32\%$; $RSD_R = 2.84\%$

\bar{x} , 34.51% fat: $s_r = 0.764$; $s_R = 0.799$; $RSD_r = 2.21\%$; $RSD_R = 2.31\%$

\bar{x} , 33.57% fat: $s_r = 0.340$; $s_R = 0.516$; $RSD_r = 1.01\%$; $RSD_R = 1.53\%$

\bar{x} , 26.20% fat: $s_r = 0.406$; $s_R = 0.613$; $RSD_r = 1.55\%$; $RSD_R = 2.34\%$

A. Apparatus

(a) *Extraction system*.—Capable of simultaneous extraction of 6 test portions. Extraction unit for solvent addition to cups, 2-stage extraction process, and solvent recovery cycle. Service unit to supply hot oil through insulated tubing to extraction unit and to pump air for evaporation of last traces of solvent from cups (Soxtec System meets these specifications).

(b) *Thimbles and stand*.—26 × 60 mm, cellulose thimbles, and stand to hold 6 thimbles.

(c) *Extraction cups*.—Al, 44 id, 60 mm height.

(d) *Glass beads*.—3–4 mm diameter.

(e) *Mechanical convection oven*.—Maintaining $125^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Items (a)–(c) are available as Soxtec system from Perstorp Analytical/Tecator, Inc. (2875 C Towerview Rd, Herndon, VA 22071, USA).

B. Reagents

(a) *Petroleum ether*.—To meet specifications in **945.16A** (see 27.4.04).

(b) *Sand*.— <0.004 g extractables/5 g.

(c) *Cotton*.—Defatted.

C. Determination

Accurately weigh ca 3 g test portion into thimble. Add sand to test portion and mix with glass rod. Place thimble in thimble stand and dry 1 h in 125°C oven. Remove from oven and let cool. Loosen test portion/sand mixture using glass rod. Wipe glass rod with small amount of cotton and place cotton in top of thimble. Transfer thimble to extraction unit.

Accurately weigh extraction cup containing a few glass beads. Extract thimble with dried mixture with 40 mL petroleum ether in boiling position for 25 min and in rinsing position for 30 min. Adjust temperature of extraction unit to ensure condensation rate ≥ 5 drops/s. At completion of extraction, close condenser valves and recover ether.

Dry cup and contents 30 min in 125°C oven. Cool and weigh.

D. Calculations

Calculate percent fat in test sample as follows:

$$\text{Fat content, \%} = \frac{(B - C) \times 100}{A}$$

where A = g test portion weight, B = g weight of extraction cup after drying, and C = g weight of extraction cup prior to extraction.

Reference: *J. AOAC Int.* **75**, 289(1992).

Anexo 3.-

**NTE INEN 0786 1985-05 Carne y Productos Cárnicos.
Determinación de Cenizas**

CDU: 637.5	INEN	AL 03.02-310
Norma Técnica Ecuatoriana	CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. DETERMINACION DE CENIZAS.	INEN 786 1985-05
1. OBJETO		
1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de cenizas en carne y productos cárnicos.		
2. ALCANCE		
2.1 En esta norma se describen dos métodos:		
a) el de rutina b) el de referencia		
3. DEFINICIONES		
3.1 Cenizas. Son el producto resultante de la incineración de los sólidos totales de la carne y productos cárnicos, mediante procedimientos normalizados.		
4. DISPOSICIONES GENERALES		
4.1 Para determinar el contenido de cenizas en los productos considerados por esta norma puede usarse cualquiera de los dos métodos descritos en la misma. En caso de discrepancia o litigio deberá usarse el método de referencia.		
5. METODO DE RUTINA		
5.1 Resumen		
5.1.1 Se incinera el producto a 525°C, y se pesa el residuo, que corresponde a las cenizas de la carne y productos cárnicos.		
5.2 Instrumental		
5.2.1 <i>Picadora mecánica de carne (molino).</i> Tipo de laboratorio provisto de una placa cribada, con orificios de diámetro no mayor a 4 mm, u otro equipo que produzca una pasta homogénea.		
<i>(Continúa)</i>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

5.2.2 *Balanza analítica*. Sensible al 0,1 mg

5.2.3 *Crisol de porcelana*, o de otro material resistente a las condiciones del ensayo, de fondo plano y aproximadamente 45 mm de altura.

5.2.4 *Mufla*, con regulador de temperatura ajustada entre 525°C y 600°C.

5.2.5 *Baño de agua*, o de arena.

5.2.6 *Desecador*, con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.

5.2.7 *Pipeta volumétrica* de 1 cm³.

5.3 Preparación de la muestra

5.3.1 La preparación de la muestra se realizará de acuerdo al anexo A de la Norma INEN 776.

5.4 Procedimiento

5.4.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

5.4.2 Colocar el crisol de porcelana perfectamente limpio en la mufla y calentarla a 525°C durante 20 min. Dejar que se enfríe en el desecador y pesar con aproximación a 1 mg.

5.4.3 Transferir al crisol pesado, aproximadamente 5 g de muestra y unas pocas gotas de aceite puro de oliva; calentar suavemente sobre un plato eléctrico o bajo la luz de una lámpara infrarroja hasta que su contenido se carbonice.

5.4.4 Transferir el crisol y su contenido a la mufla con la temperatura regulada a 525°C, evitando pérdida de material al inicio de la incineración y mantener el crisol en la mufla, hasta obtener cenizas.

5.4.5 Retirar el crisol de la mufla y colocar en el desecador, dejar enfriar hasta temperatura ambiente. Pesar el crisol con su contenido, con aproximación a 1 mg.

5.4.6 Regresar el crisol a la mufla y calentar a 525°C durante 30 min. Repetir la operación indicada en 5.4.5 y así sucesivamente, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas no exceda de 1 mg.

5.4.7 Si la ceniza contiene cantidad de carbón no totalmente quemada, enfriar el crisol, añadir unas gotas de agua, llevar a sequedad sobre un baño de agua o estufa y trasladar nuevamente el crisol a la mufla y terminar la incineración.

5.5 Cálculos

5.5.1 El contenido de cenizas en carne y productos cárnicos se determina mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100$$

Siendo:

C = cantidad de cenizas en la muestra, en porcentaje de masa.

m = masa del crisol vacío, en gramos.

m₁ = masa del crisol con la muestra (antes de la incineración), en g

m₂ = masa del crisol con las cenizas, (después de la incineración), en g.

6. METODO DE REFERENCIA

6.1 Resumen

6.1.1 Añadir a la muestra solución de acetato de magnesio, secar en baño de agua e incinerar en mufla a una temperatura entre 550⁰ a 600°C. Después de enfriada, se determina la masa del residuo y se resta la masa del óxido de magnesio (MgO) producido por la solución de acetato de magnesio agregado.

6.2 Instrumental

6.2.1 Los mismos que se anotan en el numeral 5.2 de esta norma.

6.3 Reactivos

6.3.1 Solución de acetato de magnesio. Disolver 15 g de acetato de magnesio anhidro Mg (COO CH₃)₂ ó 25 g de acetato de magnesio hidratado Mg (COO CH₃)₂ 4H₂O, en agua destilada, aforar a 100 cm³. Determinar el contenido de óxido de magnesio en la solución, ensayando 1 cm³ de la misma de acuerdo a lo establecido desde 6.5.3 hasta 6.5.9.

6.4 Preparación de la muestra

6.4.1 La preparación de la muestra se realizará de acuerdo al Anexo A de la Norma INEN 776.

6.5 Procedimiento

6.5.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

6.5.2 Colocar dos crisoles de porcelana perfectamente limpios en la mufla y calentar entre 550 y 600°C durante 20 min. Dejar que se enfríe en el desecador y pesar con aproximación a 1 mg.

6.5.3 Transferir en uno de los crisoles 1 cm³ de la solución de acetato (ver 6.3.1), pesar con aproximación a 1 mg y proseguir de acuerdo a los numerales 6.5.6 hasta 6.5.9.

6.5.4 Colocar en el otro crisol 5 g de muestra preparada, distribuirlos uniformemente, pesar el crisol y su contenido con aproximación a 1 mg.

6.5.5 Añadir 1 cm³ de solución de acetato de magnesio utilizando la pipeta y distribuirlo uniformemente sobre la muestra.

6.5.6 Colocar el crisol en el baño de agua hirviendo, durante 30 min, transferir el crisol a un plato eléctrico, calentar progresivamente hasta que su contenido se carbonice.

6.5.7 Transferir el crisol a la mufla con la temperatura regulada entre 550 - 600°C, evitando pérdidas de material al inicio de la incineración; mantener el crisol en la mufla a la temperatura indicada, hasta obtener cenizas blancas, (aproximadamente 30 min).

6.5.8 Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en el desecador; dejar que se enfríe hasta temperatura ambiente; pesar el crisol y su contenido con aproximación a 1 mg.

6.5.9 Regresar el crisol a la mufla y calentarla entre 550 -600°C durante 30 min. Repetir la operación indicada en 6.5.8 y así, sucesivamente, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas no exceda de 1 mg. Si la ceniza contiene partículas negras, se rechazará el ensayo.

6.6 Cálculos

6.6.1 El contenido de cenizas en carne y productos cárnicos se determina mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{m_2 - m - m_3}{m_1 - m} \times 100$$

Siendo:

C = contenido de cenizas en la muestra, en porcentaje de masa;

m = masa del crisol de porcelana vacío, en gramos.

m₁ = masa del crisol con la muestra, antes del secado, en gramos.

m₂ = masa del crisol con el residuo seco, después de la calcinación en gramos

m₃ = masa del óxido de magnesio proveniente de la adición de 1 cm³ de solución de acetato de magnasis, en gramos (ver 6.3.1).

6.7 Errores de método

6.7.1 La diferencia entre los resultados de dos determinaciones efectuadas por duplicado no debe ser mayor de 0,1 g de cenizas por 100 g de muestra; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

6.8 Informe de resultados

6.8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.

6.8.2 En el informe de resultados, debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

6.8.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.