

## 1.1 ANTECEDENTES

El olluco, es un tubérculo que se consigue en los países andinos como Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Venezuela. Se cultiva en las altas montañas, sobre los 1000 o 1500 msnm. En el caso particular del olluco, provee de alto contenido energético y posee: proteínas, fibra, calcio, fósforo, vitamina B y vitamina C, además de las propiedades nutritivas, tiene propiedades curativas, entre ellas el poder cicatrizante y beneficios para la piel (Mendoza, 2016).

El olluco es uno de los tubérculos andinos que contienen aminoácidos esenciales (histidina, tirosina, metionina, lisina, valina) que requieren los niños y adultos para el cumplimiento de todos sus procesos metabólicos y biológicos del ser humano (Mendoza, 2016).

El olluco (*Ullucus tuberosus* Loz), en el Ecuador, es el segundo tubérculo en importancia luego de la papa. Es parte de la alimentación de la población ecuatoriana tanto en zonas urbanas como rurales (Tapia, 2011).

En Bolivia, el olluco se cultiva en siete de los nueve departamentos (Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Tarija y Santa Cruz), según el INE. 1999, a nivel nacional y por un período de 15 años entre 1983-84 y 1997-98, este cultivo alcanzó una superficie cultivada de 3166 hectáreas y la producción total es de 10404 toneladas (Monteros, 2009).

A nivel agroindustrial, en Bolivia el olluco no es explotado industrialmente, existiendo pocos productos que incorporen a este tubérculo en su composición, como por ejemplo mermeladas, caramelos, conservas, en harinas y chips (Monteros, 2009).

En el mismo período, los rendimientos promedio llegaron a 2,892 kg por hectárea, siendo los más bajos de la región andina. Los departamentos donde el olluco rinde más son Cochabamba, Santa Cruz, Tarija y La Paz (Monteros, 2009).

El (Instituto Nacional de Estadística, 2008), indican que los datos recientes de la superficie cultivada, producción y rendimientos del cultivo de olluco se presenta en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1**  
**Datos de superficie, producción y rendimiento del cultivo de olluco a nivel nacional**

Departamento	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (Kg/ha)
Cochabamba	1917	7819	4079
Chuquisaca	870	2437	2801
La Paz	638	2108	3304
Potosi	372	1929	5185
Santa Cruz	230	1046	4548
Oruro	55	114	2073
Tarija	22	79	3591

**Fuente:** INE/ENA, 2008.

Dónde: ha= hectáreas                      ton= toneladas

En esta tabla se observa el incremento de la producción de este cultivo siendo mayor a la de los años entre 1983-84 y 1997-98 y se relaciona directamente al incremento de la superficie cultivada (INE/ENA, 2008).

En Tarija se produce el olluco de variedad INIAP Caramelo en la zona de Los Pinos y Calderillas de la Comunidad de San Andrés, y se comercializan en los mercados locales del departamento.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

- ✓ El presente trabajo tiene como finalidad elaborar chips a base de olluco, que puedan ser incorporadas en la dieta alimentaria y competir con las chips tradicionales que son elaborados a base de maíz o papa son procesadas y refinadas sin contribuir a una dieta saludable.
- ✓ En el departamento de Tarija se desconoce acerca del valor nutricional que aporta el olluco a la salud, por lo que este trabajo

- ✓ pretende dar un valor agregado al olluco, para incorporarlo en la dieta alimentaria, debido a su alto poder nutricional al poseer macronutrientes como azúcares naturales y almidón.
- ✓ El olluco posee beneficios nutricionales como ser: vitamina C, vitamina B, hierro, *calcio*, *fósforo* y *aminoácidos* histidina, tirosina, metionina y lisina favoreciendo al sistema inmunológico y al funcionamiento correcto del organismo de niños y adultos.
- ✓ El olluco (*Ullucus tuberosum* Loz), no es muy comercializado como producto fresco en el mercado local. El proyecto de elaboración de chips a base de olluco permitirá obtener un subproducto de calidad para el consumo de la población, como también beneficiarán a la zona productora de olluco de la zona de Los Pinos y Calderillas de la comunidad de San Andrés y de alguna manera mejorará las condiciones económicas de las personas productoras.

### 1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados son los siguientes:

#### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar chips de olluco (*Ullucus tuberosum* Loz), mediante el proceso de secado por aire caliente, fritura y saborizado con el fin de obtener un producto de calidad nutricional para ser consumido por la población en general.

#### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas del olluco (*Ullucus tuberosum* Loz) con el fin de conocer su rendimiento.
- Determinar las características fisicoquímicas del olluco (*Ullucus tuberosum* Loz) con el fin de conocer su composición.

- Determinar el tiempo de tratamiento térmico adecuado a realizarse en la materia prima (olluco), con el fin de inactivar la enzima.
- Determinar tipo de corte de los chips con el fin de mejorar el rendimiento del producto terminado.
- Determinar la influencia del tipo de corte y temperatura en el proceso de secado de las muestras de olluco.
- Realizar una evaluación sensorial de las muestras deshidratadas con el propósito de obtener una buena textura y cocción en la fritura.
- Realizar una evaluación sensorial de las muestras fritadas con el propósito de conocer la aceptabilidad de los atributos sensoriales.
- Realizar un análisis físico-químico, microbiológico y sensorial del producto final con el fin de determinar la calidad e inocuidad del mismo y de esta manera determinar si son agradables al gusto.
- Realizar el balance de materia y energía en el proceso de elaboración de las chips, con la finalidad de conocer las corrientes de entradas y salidas del proceso.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día podemos observar que en el mercado local existe la presencia de olluco en forma natural que proviene de la zona de los Pinos y Calderillas, pero no es muy demandada; ya que las personas desconocen de su composición nutricional. Especialmente de aminoácidos esenciales que favorecen al funcionamiento del organismo.

Asimismo en el mercado local actualmente no existen chips enriquecidos en base de tubérculos que puedan competir con chips tradicionales a base de maíz y papa; que son procesados y refinados, que no favorecen a la salud del consumidor; y no aportan ningún valor nutricional.

El olluco es un tubérculo olvidado desde la época de los incas y no es explotado, ni industrializado. Debido a la falta de conocimiento acerca de sus bondades nutricionales y propiedades curativas que posee al ser consumido.

### **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será el proceso por aire caliente, fritura y saborizado a ser aplicado para elaborar chips de olluco (*Ullucus tuberosum* Loz) con el fin de obtener un producto de calidad nutricional para ser consumido por la población en general?

### **1.6 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Mediante la aplicación del tratamiento térmico a las rodajas de olluco, se inactiva la enzima polifenoloxidasasa (PFO) con agua a temperatura de ebullición de 92 °C y un tiempo de 30 minutos.

Un secado con aire caliente a una temperatura de 65 °C por un tiempo de 2,5 horas, un fritado de 4 segundos en aceite de girasol y por último una saborizado sabor tocino, se obtuvo unas chips de olluco que puede ser consumidas como una merienda.

## 2.1 OLLUCO

El olluco es un tubérculo originario de la sierra del Perú y del sur andino de Bolivia y Ecuador. El tubérculo tiene más de diez mil años en el Perú y forma parte del pasado histórico y su gastronomía milenaria. Sin embargo, en los últimos años, la población urbana desplazo a este tubérculo.

En la figura 2.1 se muestra olluco fresco, cosechado en el valle tarijeño (Cámara Agropecuaria Tarija, 2010).

**Figura 2.1**  
**Olluco fresco**



**Fuente:** Cámara Agropecuaria Tarija, 2010.

## 2.2 ORIGEN DEL OLLUCO

El lugar de origen del olluco (*Ullucus tuberosus* Loz) aún no está definido; se han observado plantas consideradas como silvestres en el departamento del Cuzco en Perú y se puede afirmar que sería la zona andina el lugar de origen del olluco (Clavijo, 2014).

## 2.3 TAXONOMÍA DEL OLLUCO

Como menciona (Clavijo, 2014); la taxonomía del olluco se detalla en la tabla 2.1:

**Tabla 2.1**  
**Taxonomía del Olluco**

<b>Características generales</b>	
<b>Nombre científico</b>	Ullucus tuberosus Loz.
<b>Familia:</b>	baseláceas
<b>División</b>	Espermatofita
<b>Subdivisión</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Dicotiledóneas
<b>Orden</b>	Centrospermas
<b>Suborden</b>	Portulacáceas
<b>Familia</b>	Basellaceae
<b>Género</b>	Ullucus
<b>Especie</b>	tuberosum.
<b>Subespecies</b>	U. tuberosus, Aborigeneus, U
<b>Nombre común</b>	Melloco, olluco, chigua, papa lisa.

**Fuente:** Clavijo, 2014.

## 2.4 ESPECIES DE OLLUCO

Las especies de olluco son diferenciadas por los agricultores según (León, 2010): *El color que los tubérculos* por ejemplo: se habla de variedades blancas, amarillas, rojas y pintadas.

Se pueden diferenciar dos grupos mayores según el porte de:

- a) Plantas de tipo rastrero con tallos ligeramente coloreados de rojo, hojas pequeñas y tubérculos alargados de color rojo púrpura. Son más propias de los Andes norte y de Colombia.
- b) Plantas más bien erectas con hojas grandes en la base y de verde intenso, con tubérculos de diferentes colores (amarillo-verdosos) que son ollucos largos y redondos, comunes en Perú y Bolivia.

La coloración de la cáscara y pulpa del tubérculo se pueden encontrar las siguientes variedades que se encuentran en la tabla 2.2:

**Tabla 2.2**  
**Especies del Olluco**

Especies	Características
<b>Janco</b>	Tubérculos de color blanco y pulpa amarilla
<b>INIAP-Caramelo</b>	Tubérculos de cáscara manchada y pulpa rosada
<b>Quello</b>	Tubérculos de cáscara clara y pulpa amarilla
<b>Laram</b>	Tubérculos de cáscara morada y pulpa amarilla
<b>Huila</b>	Tubérculos de cáscara roja y pulpa amarilla
<b>Chiteque</b>	Tubérculos de cáscara amarilla con pintas rojas y pulpa

**Fuente:**León, 2010.

En las figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5; se puede observar las principales especies que existen en Bolivia recogidas por (León, 2010), que son:

**Figura 2.2**  
**Especie Laram**



**Figura 2.4**  
**Especie Janco**



## 2.5 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL OLLUCO

La descripción botánica del olluco, se presente a continuación:

### 2.5.1 PLANTA

La planta de olluco (figura 2.6) alcanza 20 a 40 cm de alto, con follaje compacto y generalmente de un color verde intenso; las hojas son carnosas de forma acorazonada. Los tubérculos tienen formas muy variadas: cilíndricas, ovoides, esféricas (López, 2003).

**Figura 2.6**  
**Planta del olluco**



**Fuente:** López, 2003.

### 2.5.2 TALLO

El tallo (figura 2.7) es de acuerdo a las variedades cultivadas de olluco, puede ser cortos y compactos, mientras que en las silvestres son largos y delgados (López, 2003).

**Figura 2.7**  
**Tallo del olluco**



**Fuente:**López, 2003.

### 2.5.3 FLOR Y HOJAS

Sus flores (figura 2.8) son muy pequeñas y tienen forma estrellada, su cáliz está formado por 5 sépalos agudos y verdes. Sus hojas (figura 2.9) se ubican en posición alternada, puntiaguda, de colores variables y se disponen en dos cimas de 4 a 5 flores (López, 2003).

**Figura 2.8**  
**Flores del olluco**



**Figura 2.9**

**Hojas del olluco**



**Fuente:**López, 2003.**Fuente:**López, 2003.

### 2.5.4 FRUTO (OLLUCO)

El olluco es un tubérculo (figura 2.10) bajo en calorías, contiene Vitamina C y aminoácidos esenciales, es consumido por la gente del campo en diferentes platillos, infusiones, etc (López, 2003).

**Figura 2.10**  
**Ollucos Frescos**



**Fuente:**López, 2003.

## 2.6 COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL OLLUCO

El ulluco es una buena fuente de energía por su alto contenido de almidones (carbohidratos), pero tienen un bajo contenido de proteínas y grasas. La tabla 2.3 muestra la composición físicoquímica del ulluco por cada 100 g (Collazos, 2010).

**Tabla 2.3**  
**Composición físicoquímica del ulluco (*Ullucus tuberosus* Loz)**

Componentes	Valores
Energía	52,0 Kcal
Proteína	1,1 g
Grasas	0,1 g
Carbohidratos	14,3 g
Fibra	0,8 g
Ceniza	0,8 g
Humedad	83,7 g

**Fuente:** Collazos, 2010.

El contenido de aminoácidos en el ollucose puede apreciar en la tabla 2.4, donde se observa su alto contenido de aminoácidos esenciales que facilitan la síntesis de proteínas necesarias para los preescolares y escolares (Tapia, 2011).

**Tabla 2.4**  
**Aminoácidos en el olluco**

Aminoácidos	Valores (mg)
Isoleucina	52,0
Leucina	70
Lisina	55
Metionina	35
Fenilalanina	60
Treonina	40
Triptofano	10
Valina	50

**Fuente:** Tapia, 2011.

El contenido de vitaminas y minerales en el olluco se aprecia en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5**  
**Contenido de vitaminas y minerales en el olluco.**

<b>Componentes</b>	<b>Valores</b>
<b>Minerales</b>	<b>(mg/100 g)</b>
Calcio	1,00
Fosforo	50,00
Hierro	1,00
<b>Vitaminas</b>	<b>(mg/100 g)</b>
A	Trazas
B1	0,11
B2	0,04
Niacina	1,50
C	20,00

**Fuente:** Tapia, 2011.

## **2.7 IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL OLLUCO**

El olluco tiene la característica de tener la capacidad de adaptabilidad ecológica a las condiciones adversas de la zona andina, así como por su alto valor nutritivo, no solo tienen importancia económica sino también social, ecológica, nutricional y funcional (Rojas, 2010).

De otro lado, los consumidores de los países desarrollados, buscan cada vez más alimentos de producción ecológica, sanos y con alto valor nutritivo, añadiéndose a esto su contenido cultural e histórico; por esto se abren mercados de exportación expectables para los productores de cultivos andinos (Rojas, 2010).

## **2.8 USOS Y APLICACIONES DEL OLLUCO**

El olluco es un tubérculo que brinda muchos beneficios para el cuerpo por ejemplo:

### **2.8.1 PIEL**

Su consumo de este tubérculo protege a la piel de impurezas e infecciones de diversos tipos. Protege la piel de infecciones contagiosas como es el caso

de la erisipela. Por otro lado, el aporte de vitaminas de este tubérculo, favorece a la buena salud de la piel, cabello y uñas (Ruiz, 2017).

### **2.8.2 PROTEGE CONTRA EL REUMATISMO**

Una de las grandes propiedades del olluco es antiinflamatorio, contrarrestando los síntomas del reumatismo, como es la inflamación de músculos y tendones. Este tubérculo está lleno de sales minerales que ayudan a expulsar toxinas del cuerpo, descongestionando músculos y piel (Ruiz, 2017).

### **2.8.3 EVITA EL ACNÉ**

Es adecuado su consumo para tratar problemas de acné, mejorar la textura de la piel, cierra los poros y regenera la piel dañada (Ruiz, 2017).

### **2.8.4 AYUDA A PERDER PESO**

El consumo del olluco en una dieta, es ideal para bajar de peso, al ser un alimento que posee pocas calorías y rico en agua, es una gran opción para incluirlo en las dietas para perder esos kilos extras (Olave, 2014).

### **2.8.5 ESTREÑIMIENTO**

La fibra del olluco es del tipo saludable que alivia el dolor estómago y la indigestión, ayuda a que el sistema digestivo se regule (Olave, 2014).

## **2.9 LAS PATATAS CHIPS**

Las patatas chips fritas ocupan un lugar preferido en todo tipo de mesas, gustan a grandes y pequeños, dada a su variedad, se comercializan más de 15 tipos de patatas fritas en bolsas diferentes. En la actualidad se pueden encontrar en el mercado multitud de patatas fritas de bolsa: lisas, onduladas, de sabores, selectas, *light*, etc (Flores, 2013).

Las patatas chips fritas (figura 2.11) se obtienen a partir de patatas sanas, peladas, debidamente lavadas, cortadas y fritas a altas temperaturas en aceite de oliva u otros aceites y grasas vegetales comestibles (Flores, 2013).

El origen de las patatas chips son aquellas que se producen por “casualidad”.

Su inventor fue George Crum, el cual trabajaba como cocinero en Saratoga(Flores, 2013).

**Figura 11**  
**Patatas chips fritas**



**Fuente:**Flores, 2013.

### **2.9.1 CLASIFICACIÓN DE LAS PATATAS CHIPS FRITAS**

La clasificación las patatas chips según (Flores, 2013) es de cuatro tipos:

- Patatas chips sencillas, tradicionales.
- Patatas chips onduladas.
- Patatas chips *light*.
- Patatas chips de sabores.

## **2.10 OPERACIONES QUE INVOLUCRAN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS CHIPS DE OLLUCO**

Las operaciones que se aplican para la obtención de las chips de olluco son las siguientes:

### **2.10.1 ESCALDADO DE LOS ALIMENTOS**

El escaldado es una operación unitaria muy importante en la industria alimenticia, es un tratamiento térmico que se aplica a verduras y algunas frutas, su principal función es la inactivación enzimática, aumentar la fijación de clorofila y ablandar el producto; como también tiene otras funciones (Gimferrer, 2012):

- Llevar a cabo una limpieza del alimento, se eliminan el polvo y el alimento adquiere una nueva tonalidad.
- Eliminar microorganismos patógenos superficiales.
- El producto se suaviza.
- Mejora la textura, sobre todo en los alimentos que después se deshidratarán, ya que evita que se rompan.
- Otorgar un ablandamiento parcial. Esto es debido a la ruptura de las células que componen el tejido.
- Facilitar el pelado o descaroado.
- Prevenir la alteración inactivando enzimas y reduciendo la carga microbiana.

### **2.10.2 DESHIDRATACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

La deshidratación de los alimentos es una operación unitaria mediante la cual se elimina la mayor parte del agua de los alimentos, hasta su estabilidad. Sus funciones de la deshidratación (Guevara, 2010), son:

- ✓ Inhibición del crecimiento microbiano y de la actividad enzimática debido al descenso de la actividad de agua.
- ✓ Reduce el peso y volumen, y con ello los gastos de transporte y almacenamiento.
- ✓ Altera en cierto grado, tanto las características sensoriales, como el valor nutritivo de los alimentos.

Existen diferentes formas para el secado de frutas y hortalizas (Guevara, 2010), como ser:

- Secado a la sombra.
- Secado al sol y aire libre.
- Secadores solares.
- Secadores con aire caliente.

#### **2.10.2.1 TIPOS DE SECADORES**

Los tipos de secadores según (Barat, 2016), se clasifican en: *secadores directos* que utilizan gases calientes en contacto con el sólido húmedo para suministrar el calor y arrastrar el líquido vaporizado, los *secadores indirectos* en los que el calor se transmite al sólido húmedo a través de la pared que lo contiene.

##### **Secadores indirectos o por conducción**

Se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente hidráulica.

##### **1. Secadores por radiación**

Se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto.

## **2. Secadores dieléctricos**

Se caracterizan por generar calor en el interior del propio sólido, en virtud de un campo eléctrico de alta frecuencia que provoca una agitación de las moléculas polares.

## **3. Secadores directos o convectivos**

Se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto con el sólido húmedo al que transfieren calor por convección y se arrastran fuera del secador. Son en general aparatos sencillos y de fácil manejo, por ejemplo:

- Secadores de horno o estufa.
- Secadores de bandejas o de armario.
- Secadores de túnel.

### **2.10.2.2 SECADOR DE BANDEJAS O DE ARMARIO**

El secador de bandejas (figura 2.12), es el tipo de secador que se utilizó para la elaboración de chips de olluco, está formado por una cámara metálica rectangular que contiene unos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores. Cada bastidor lleva un cierto número de bandejas poco profundas (Puebla, 2014).

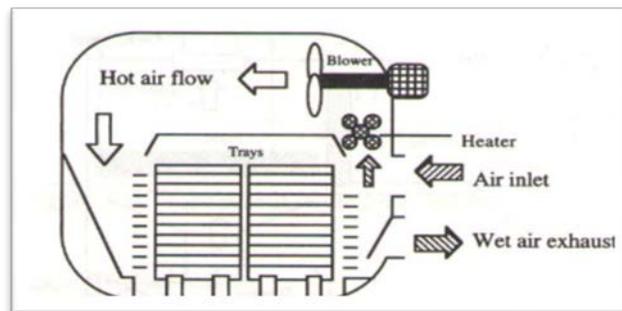
Se hace circular el aire caliente entre las bandejas por medio de un ventilador acoplado al motor haciendo pasar previamente por el calentador constituido por un haz de tubos. Los tabiques distribuyen uniformemente el aire sobre las pilas de bandejas (Puebla, 2014).

Se utilizan bandejas perforadas en las que el aire circula a través de la capa sólida, con lo que se consigue aumentar la superficie de sólido expuesta a la acción del aire y disminuyendo consiguientemente la duración del ciclo de secado (Puebla, 2014).

El secado de este equipo puede ser (Puebla, 2014):

- De flujo horizontal, si el aire circula paralelamente al lecho a secar.
- De flujo transversal, si el aire circula perpendicularmente al lecho a secar.

**Figura 2.12**  
**Secador de cabina o bandejas**



**Fuente:** Puebla, 2014.

### 2.10.3 LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS

La fritura o cocción en aceite se define como la técnica de cocción total de un alimento por inmersión de un cuerpo graso caliente a temperaturas elevadas (150- 200° C), para dar lugar a la formación de un alimento seco, crujiente y corteza dorada (Molina, 2012).

La fritura es un proceso culinario que consiste en introducir un alimento en un baño de aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas, donde el aceite o grasa actúan de transmisores de calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme (Carrasco, 2002).

La fritura es el proceso de preparación de alimentos que consiste en poner

encontacto un alimento con un material graso a elevada temperatura, en presencia de aire, durante un corto período de tiempo(Venegas, 2011).

La fritura es un proceso físico-químico complejo, en el cual el producto a freír se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo a temperaturas entre 175 °C-195°C, para favorecer una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto y provocar una casi impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor (Sánchez, 2013).

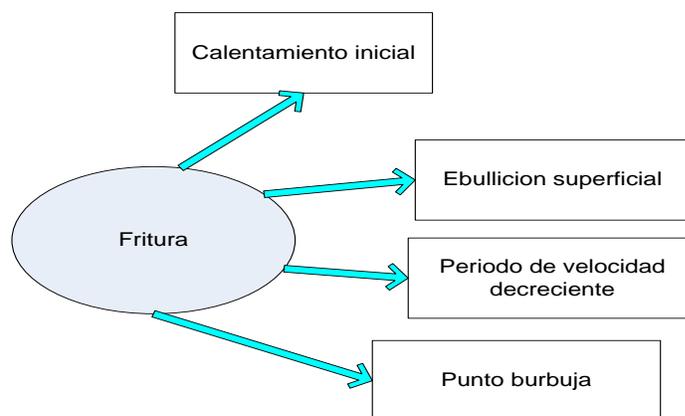
### 2.10.3.1 FUNCIÓN DE FRITURA

La función de la fritura es formar una "costra crujiente" en la superficie del alimento y aceitosa, así también un sabor característico y en su interior del alimento debe estar húmedo y cocinado (Carrasco, 2002).

### 2.10.3.2 ETAPAS DEL PROCESO DE FRITURA

En el proceso de freído por inmersión según (Sánchez, 2013), se reconocen cuatro etapas: calentamiento inicial, ebullición superficial, periodo de velocidad de creciente y punto burbuja que se muestran en la gráfica 2.13.

**Figura 2.13**  
**Etapas del proceso de fritura**



**Fuente:**Sánchez, 2013.

- *El calentamiento inicial* que dura pocos segundos, se caracteriza por el calentamiento del alimento hasta llegar a la temperatura de ebullición del agua, siendo la convección natural el mecanismo de calentamiento dominante y calor sensible el requerido para elevar la temperatura del alimento. En esta etapa no hay evaporación superficial del agua (Sánchez, 2013).
- *La ebullición superficial* es iniciada con la salida del vapor y formación intensa de burbujas, el fenómeno de transferencia de calor por convección natural es sustituido por el de convección forzada debida a la intensa turbulencia desarrollada en el aceite, el alimento empieza a mostrar la formación de una costra superficial (Sánchez, 2013).
- *El periodo de velocidad decreciente*, que es el más largo, se caracteriza por los fenómenos físicos de evaporación superficial y calentamiento hasta alcanzar el punto de ebullición del centro del alimento. (Sánchez, 2013).
- *El punto burbuja* para periodos prolongados de freído, se visualiza por la ausencia de burbujeo y formación definitiva de la costra, el alimento desarrolla una textura muy dura y su sabor es más grasoso (Sánchez, 2013).

### **2.10.3.3 TIPOS DE FRITURA**

El proceso de fritura se puede clasificar según (Sánchez, 2013) la fritura puede ser:

- *Fritura superficial*: Se realiza en un recipiente más o menos plano, tipo sartén o con bajo nivel de aceite, donde parte del alimento queda fuera del baño de fritura. La parte sumergida se fríe y la externa se cuece por efecto del vapor interno generado al calentarse (Molina, 2012).

El proceso de cocción se realiza por *conducción* de calor (Sánchez, 2013).

- *Fritura profunda*: Consiste en sumergir totalmente el alimento en el baño de aceite, normalmente en una freidora o en recipientes con nivel alto de aceite. La fritura es uniforme en toda la superficie (Molina, 2012). El proceso de cocción se realiza por *convección* de calor (Sánchez, 2013).

#### **2.10.3.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FRITURA DE LOS ALIMENTOS**

El producto frito posee una estructura distintiva. Su parte externa es una superficie que contribuye al impacto visual inicial debido a su tostado, presentando un color entre dorado y pardo, dando lugar a un producto con aspecto agradable (Sánchez, 2013).

El grado de oscurecimiento pardeamiento del alimento frito depende de (Sánchez, 2013):

- *El tiempo de acción del aceite sobre el producto*: mayor tiempo mayor dorado.
- *La temperatura de fritura*: debe controlarse para los diferentes productos o técnicas de fritura según el aspecto deseado. A mayor temperatura mayor dorado y menos tiempo de fritura.
- *Reacción de Maillard*: resultante de las reacciones de las proteínas y los azúcares por acción del calor. el pardeamiento no enzimático.
- *Caramelización*: de los azúcares propios del producto.
- *La composición química del producto*: (Almidón, azúcares, proteínas o albúmina).

- *La composición del aceite utilizado en la fritura:* no afecta el pardeamiento significativamente más si el grado de uso que el aceite tenga al momento de la fritura. Mayor uso más pardeamiento.

### **2.10.3.5 CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE SUFREN LOS ALIMENTOS FRITOS**

La fritura en los alimentos da lugar a una capa crujiente superficial como consecuencia de la deshidratación del alimento durante el freído. El calor reduce el contenido de humedad de esta capa superficial hasta un 3% el proceso. (Sánchez, 2013).

La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su contenido de humedad, porosidad y superficie expuesta al aceite de fritura. Esta cantidad es aproximadamente entre el 20 y 40% en base al peso del alimento frito. Freír alimentos a temperaturas demasiado bajas provoca que los mismos atrapen más cantidad de grasa en su interior (Sánchez, 2013).

El aceite absorbido le imparte al alimento olor, sabor y color y además favorece la palatabilidad. Por esto, si el aceite tiene sabor u olor extraño, el alimento frito tendrá (Sánchez, 2013).

Los alimentos en casi todos los procesos de transformación son sometidos a la aplicación de calor, durante este proceso los alimentos sufren transformaciones *físicas y químicas* que afectan al aspecto, la textura, la composición y el valor nutricional de los alimentos. Estos cambios tienen como objetivo mejorar las características sensoriales de los mismos (Hernández, 2010).

Los alimentos sometidos a fritado sufren cambios tanto físicos como químicos según (Hernández, 2010):

- a) Cambios físicos:

Se producen cambios en el olor, color, sabor, volumen, peso y consistencia que hacen que cambien las propiedades sensoriales de los alimentos.

- ✓ *Color*: varía según cada.
- ✓ *Olor y aroma*: el desarrollo del sabor depende de una combinación de los productos, de la degradación de los azúcares y de las proteínas.
- ✓ *Sabor*: según las técnicas de cocción se refuerza o se atenúa el gusto de los alimentos y de las sustancias que se hayan utilizado para el fondo de la cocción. Un aporte especial en el sabor viene dado por la grasa utilizada para la cocción.
- ✓ *Volumen y peso*: existen las siguientes modificaciones:
  - Pérdida de volumen por la pérdida de agua de la superficie externa de los alimentos, y depende de la intensidad del calor y de la propia superficie externa del alimento
  - Pérdida de volumen por la pérdida de materias grasas. También depende del calor, del tiempo de cocción y del contenido graso de los alimentos
  - Aumento de volumen por rehidratación a partir del líquido de cocción.
- ✓ *Consistencia*: El calor produce cambios en la estructura de las proteínas, vegetales y resto de los alimentos; como resultado serán más tiernos, jugosos y más digestibles.

**b) Cambios químicos:**

Son los originados sobre los nutrientes:

- ✓ *Proteínas*: mejora su digestibilidad.

- ✓ *Grasas*: formación de algunos derivados con efecto desagradable sobre el gusto y olor. Variación en el valor nutritivo por ganar grasas en su contenido y así aumentar su valor energético.
- ✓ *Hidratos de carbono*: en general son estables frente al cocinado.
- ✓ *Minerales*: también en general son estables frente a la mayor parte de los tratamientos culinarios, pero sí se deben destacar las pérdidas producidas por la solubilidad del agua empleada.
- ✓ *Vitaminas*: son sensibles a los procesos térmicos, y en general los procesos culinarios producen una pérdida de estos nutrientes. Las hidrosolubles, como la B y C se pueden perder durante la cocción, dependiendo del método utilizado. Las liposolubles como la A, D, E y K también sufren pérdidas por el calor y la oxidación producida por el aire en contacto con los alimentos durante este tipo de cocción (160° C a 200° C).

## **2.11 ACEITES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHIPS**

El aceite usado en la fritura determina la aceptabilidad del alimento, ya que en parte, el aceite de fritura es absorbido por éste. En el aceite de fritura se genera una gran cantidad de cambios físicos y químicos, como consecuencia de la interacción entre el aceite, el agua y otros componentes del alimento. Por todo ello, el aceite utilizado determina la calidad del alimento, así como las condiciones del proceso y la composición del producto (Molina, 2012).

En los procesos de fritura hay una rápida formación de una costra superficial con la consiguiente pérdida mínima en peso y en nutrientes. La temperatura interna es inferior a la superficial y sube lentamente hasta el valor deseado (Molina, 2012).

En la tabla 2.6, se recogen algunos de los aceites más utilizados para la fritura industrial o de restauración (Molina, 2012).

**Tabla 2.6**  
**Principales tipos de aceites y grasas utilizados en la fritura**

<b>Tipo</b>	<b>Grasas y aceites</b>
<b>Grasas animales</b>	Manteca de cerdo y sebos
<b>Aceites vegetales</b>	Oliva, <i>girasol</i> , soja, maíz, algodón, coiza, cacahuete, etc.
<b>Grasa vegetales</b>	Palma, palmiste, coco, etc.
<b>Fracciones de grasas</b>	Esterina de algodón, oleína de palma, esterina de palma, etc.
<b>Grasas Hidrogenadas</b>	Aceite de pescado hidrogenado, oleína de palma hidrogenada, etc.

**Fuente:** Molina, 2012.

### **2.11.1 LA TEMPERATURA ADECUADA PARA LA FRITURA**

La temperatura debe ser elegida en función al tamaño de la pieza a freír y cuidando la relación tiempo/temperatura. Se establecen tres grados caloríficos para las grandes frituras según (Molina, 2012):

- **Moderadamente caliente (135-140°C):** Para vegetales ricos en agua o para pescados que por su espesor necesitan de una cocción por penetración previa antes de que se forme la costra superficial.
- **Caliente (155-160° C):** Adecuado para aquellos productos que ya han experimentado alguna cocción.
- **Muy caliente (180°C):** Recomendable para todos los alimentos de pequeño volumen que exigen la formación primaria o inmediata de una costra en pocos segundos y cuya cocción debe ser afectada de tiempos muy reducidos.

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La parte experimental del trabajo de investigación "Elaboración de chips de Olluco", se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### **3.2 MATERIALES, EQUIPOS DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA**

A continuación se detallan los materiales y equipos de laboratorio que se necesitaron en la elaboración de chips de olluco.

#### **3.2.1 SECADOR DE BANDEJAS**

El secador de bandejas (figura 3.1) se encuentra en el Taller de Alimentos, cuenta con un generador de aire. Sus características técnicas se detallan en la tabla 3.1.

**Figura 3.1**  
**Secador de bandejas**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Tabla 3.1**  
**Características técnicas del secador de bandejas**

<b>Especificaciones</b>	
<b>Marca</b>	ESZTERGOM
<b>Industria</b>	Hungary
<b>Tipo</b>	1231 SZ-1
<b>Tensión</b>	220 W
<b>Potencia Total</b>	2200 W
<b>Capacidad</b>	6 bandejas
<b>Dimensiones Internas</b>	1,17 cm de alto 67,5 cm de largo

**Fuente:**Elaboración propia.

### **3.2.2 GENERADOR DE AIRE**

El generador de aire (figura 3.2) es un instrumento muy importante para el funcionamiento del secador, el cual tiene un sistema para regular la velocidad del aire. Su objetivo es de remover el aire húmedo en la cabina de secado e introducir aire frío al secador. En la tabla 3.2 se muestran las características técnicas del equipo.

**Figura 3.2**  
**Generador de aire**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Tabla 3.2**  
**Características técnicas del generador de aire**

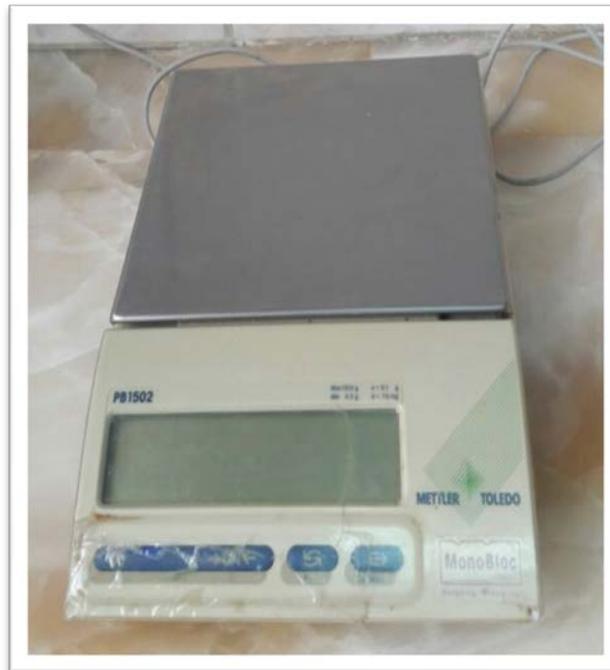
Especificaciones	
Marca	INTERMED
Tipo	220 V
Frecuencia	50-60 Hz
Velocidad de Aire	12 m/s máx.
Abertura de Salida	75 mm
Potencia	250 W
Industria	Boliviana

**Fuente:**Elaboración propia.

### 3.2.3 BALANZA DIGITAL

Este equipo (figura 3.3) se encuentra en el Taller de Alimentos, perteneciente del departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos. Las especificaciones técnicas de la balanza digital se muestran en la tabla 3.3.

**Figura 3.3**  
**Balanza digital**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Tabla 3.3**  
**Características técnicas de la balanza digital**

Especificaciones	
<b>Marca</b>	METTLER TOLEDO 1502
<b>Capacidad</b>	Max. 1510 g Min. 0,5 g
<b>Potencia</b>	5 W
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz

**Fuente:**Elaboración propia.

### **3.2.4 SELLADORA ELÉCTRICA**

Este equipo (figura 3.4) se encuentra en el Taller de Alimentos perteneciente del departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos. El cual se utilizó para sellar las bolsas de polietileno. Las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.4.

**Figura 3.4**  
**Selladora eléctrica**



**Fuente:**Elaboración propia

**Tabla 3.4**  
**Características técnicas de la selladora eléctrica**

Especificaciones
------------------

<b>Marca</b>	ELECTRONICA VH 2001
<b>Tensión</b>	200 V
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Potencia</b>	250 w
<b>Temporizador</b>	0-10 °C
<b>Industria</b>	Boliviana

**Fuente:**Elaboración propia

### 3.2.5 COCINA INDUSTRIAL

Se utilizó una cocina industrial (figura 3.5), se encuentra en el Taller de Alimentos perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Se utilizó para el proceso de tratamiento térmico de las muestras de olluco. Sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.5.

**Figura 3.5**  
**Cocina industrial**



**Fuente:**Elaboración propia

**Tabla 3.5**  
**Características técnicas de la cocina industrial**

Especificaciones	
Made	Brasil
Marca	DAKO (amazonas)
Potencia	3,0 KW
Gas	GNP
Presión	2.8 Kpa

Fuente:Elaboración propia

### 3.2.6 MANDOLINA

La mandolina (figura 3.6) es un equipo que nos permitió realizar el tipo de corte de 1 mm, 2 mm y 3 mm de olluco. Las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.6.

**Figura 3.6**  
**Ralladora Eléctrica**



Fuente:Elaboración propia

**Tabla 3.6**  
**Características técnicas de la mandolina**

Especificaciones	
Marca	Tupperware
Industria	Argentina

Fuente:Elaboración propia.

### 3.2.7 PSICRÓMETRO

Es un instrumento (figura 3.7) que cuenta con dos termómetros, los cuales se utilizó para medir la temperatura del búlbo húmedo y la temperatura del búlbo seco. Sus unidades están expresadas en (°C). Las especificaciones técnicas del psicómetro, se detallan en la tabla 3.7.

**Figura 3.7**  
**Psicrómetro**



**Fuente:**Elaboración propia

**Tabla 3.7**  
**Características técnicas del psicrómetro**

<b>Especificaciones</b>	
<b>Made</b>	POLAND
<b>Marca</b>	KRAKOW
<b>PSYCHROMETR</b>	ASSMANNA-M
<b>Tipo</b>	TZ-9N <sup>o</sup> 30178
<b>Escala de termómetro de bulbo seco</b>	-34 °C A 50 °C
<b>Escala de termómetro de bulbo húmedo</b>	-36 °C A 50 °C

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.8 MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales que se necesitó para el presente trabajo de investigación son los que se detallan en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8**  
**Materiales de laboratorio**

Material	Capacidad	Tipo de Material	Unidad
Termómetro	0-100°C	Bulbo de Mercurio	1
Vernier	0-25 cm error de 0,05 m	Acero inoxidable	1

Fuente:Elaboración propia.

### 3.2.9 UTENSILIOS DE COCINA

Los utensilios de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo, son detallados en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9**  
**Utensilios de laboratorio**

Material	Capacidad	Tipo de Material	Unidad
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable	2
Cuchara	Mediano	Acero inoxidable	3
Cucharilla	Pequeña	Acero inoxidable	1
Cronometro	pequeño	Plástico	1
Coladores	Medianos	Aluminio	2
Fuentes	Medianas	Acero inoxidable	5
Ollas	Medianos	Acero inoxidable	2
Bandejas	38 x 51 cm	Malla milimétrica	4
Platos	Medianos	Plástico	2
Jarra	1 litro	Plástico	1

Fuente:Elaboración propia.

## 3.3 MATERIA PRIMA E INSUMOS ALIMENTARIOS

La materia prima e insumos que se necesitó para la elaboración de chips de olluco son los siguientes:

### 3.3.1 MATERIA PRIMA

La materia prima es aproximadamente 5 Kg de olluco que se adquirió del

Mercado Campesino de la ciudad de Tarija. Sus características se describen en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10**  
**Materia prima**

<b>Especificaciones</b>	
<b>Materia Prima</b>	Olluco
<b>Nombre Científico</b>	<i>Ullucus tuberosum loz</i>
<b>Variedad</b>	INIAP-Caramelo
<b>Procedencia</b>	Boliviana

**Fuente:**Álvarez, 2018.

### **3.3.2 INSUMOS ALIMENTARIOS**

En la tabla 3.11 se muestra los insumos alimenticios que se utilizó para la elaboración de chips de olluco.

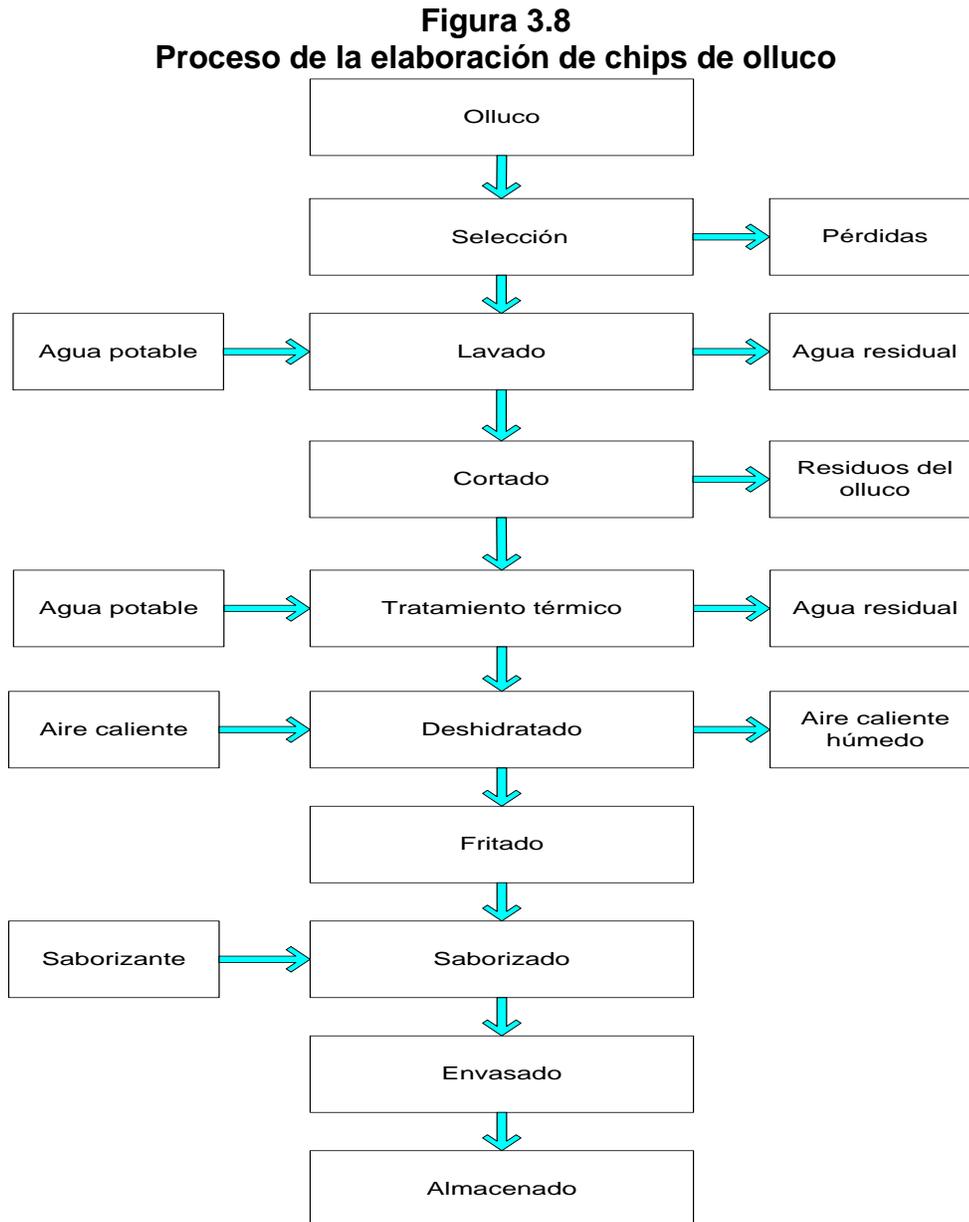
**Tabla 3.11**  
**Insumos Alimentarios**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Marca</b>
Saborizante de tocino	1/4	Bolivia	Essencial
Saborizante de queso	1/4	Bolivia	Essencial

**Fuente:**Elaboración propia.

### 3.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CHIPS DE OLLUCO

En la figura 3.8, muestra el diagrama de flujo de la elaboración de chips de olluco.



**Fuente:**Elaboración propia.

### **3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE CHIPS DE OLLUCO**

Los pasos a seguir para la elaboración de chips de olluco son los siguientes:

#### **3.5.1 OLLUCO**

El olluco (figura 3.9) que se utilizó para la elaboración de chips del presente trabajo de investigación es de variedad *INIAP-Caramelo*, fue adquirido del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija, procedente de la zona de Calderillas y Los Pinos de la Comunidad de San Andrés.

**Figura 3.9**  
**Olluco variedad INIAP-Caramelo**



**Fuente:**Elaboración propia.

#### **3.5.2 SELECCIÓN**

La selección consistió en clasificar los ollucos por observación visual directa; separando aquellos ollucos que se encontraban con magulladuras y/o podridos los cuales fueron desechados.

#### **3.5.3 LAVADO**

Este proceso de lavado consistió en colocar el olluco en un recipiente de plástico en forma manual y agua potable para eliminar la tierra y otras impurezas que se encontraba adheridas en la superficie del olluco.

Posteriormente, se colocaron los ollucos en un colador de plástico con el objetivo de eliminar el agua restante.

### 3.5.4 CORTADO

El proceso de cortado se realizó utilizando una ralladora manual (bandolina).

El cortado, se realizó de tres tipos de cortes diferentes:

- 1 mm (figura 3.10) consistió en mover la manija de la bandolina al número 1 y rallar verticalmente.
- 2 mm (figura 3.11) consistió en mover la manija de la bandolina al número 2 y rallar verticalmente.
- 3 mm (figura 3.12) consistió en mover la manija de la bandolina al número 3 y rallar verticalmente.

**Figura 3.10**

**Tipo de corte 1 mm**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Figura 3.11**

**Tipo de corte 2 mm**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Figura 3.12**

**Tipo de corte 3 mm**



**Fuente:**Elaboración propia.

### 3.5.5 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico de las rodajas de olluco, consistió en calentar el agua a temperatura de ebullición (92 °C); para luego introducir las rodajas de olluco en la olla de acero inoxidable (figura 3.13), por un tiempo entre 20-30 minutos para los tres tipos de grosores (1 mm, 2 mm y 3 mm).

Pasado el tiempo del tratamiento térmico, se procedió a sacar las rodajas a un colador de plástico; así mismo se dejó escurrir el agua residual de las rodajas de olluco.

**Figura 3.13**  
**Tratamiento térmico de las muestras de olluco**



**Fuente:**Elaboración propia.

### 3.5.6 DESHIDRATADO

Para el secado de las rodajas de olluco, se realizó primero al ajuste del equipo, que consistió en encender el equipo y el generador de aire. Segundo, se ajustó la temperatura de trabajo que fue entre (60, 65 y 70 °C); y se dejó calentar el equipo de tiempo de 15 minutos.

Después de ajustar el equipo se colocaron las rodajas de olluco en las bandejas del secador (Figura 3.14) en forma ordenada. El proceso de deshidratación duró 3 horas aproximadamente.

**Figura 3.14**  
**Secado de chips en el secador**



**Fuente:**Elaboración propia.

### **3.5.7 FRITADO**

Ya pasadas las 3 horas de deshidratación, se retiran las rodajas del secador. Se pone en la cocina un sartén con 500 ml de aceite de girasol, se lo calienta hasta una temperatura de 120 °C, una temperatura apta para la cocción rápida de las chips.

En el calentamiento se introduce las rodajas deshidratadas de olluco deshidratadas, su cocción fue rápida, de 3-4 segundos, se las retiro y se las coloco sobre una servilleta absorbente de papel, con el fin de absorber el aceite residual.

### **3.5.8 SABORIZADO**

Se colocaron las chips en un recipiente de plástico y se les adicionó el saborizante sabor tocino (figura 3.15) o sabor queso cheddar (figura 3.16) en diferentes concentraciones (0,1 a 0,5 g), realizó un mezclado manual.

**Figura 3.15**  
**Saborizante de sabor tocino**



**Fuente:**Elaboración propia.

**Figura 3.16**  
**Saborizante de sabor queso cheddar**



**Fuente:**Elaboración propia.

### **3.5.9 ENVASADO**

El proceso de envasado, consistió en colocar las rodajas ya fritas y saborizadas en bolsas de polietileno de alta densidad; previamente acondicionadas en tamaños de 12x15 cm y 10x12 cm. Posteriormente fueron selladas en la selladora eléctrica; con el fin de cerrar la bolsa con el producto en su interior.

### **3.5.10 ALMACENADO**

El producto obtenido fue almacenado en un lugar donde no hubo luz, calor ni agentes contaminantes como el polvo e insectos; con el fin de conservar la vida útil del producto.

### 3.6 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales en el presente trabajo, se detalla a continuación:

#### 3.6.1 ANÁLISIS FÍSICO DEL OLLUCO

Se realizaron los siguientes análisis físicos del olluco:

- ✓ Peso (g)
- ✓ Diámetro (cm)
- ✓ Tamaño (cm)
- ✓ Peso comestible (%)
- ✓ Peso no comestible (%)
- ✓ Rendimiento de las rodajas

#### 3.6.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL OLLUCO

La determinación de los análisis físico químicos de la materia prima se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Para lo cual se tomó en cuenta los siguientes parámetros y métodos que se detalla en la tabla 3.12.

**Tabla 3.12**  
**Parámetros del análisis físico-químico del olluco**

Parámetros	Norma	Métodos	Unidad
Humedad	NB 028-88	Gravimétrico	%
Proteína	NB 466-81	Volumétrico	%
Fibra	NB 466-81		%
Cenizas	NB 075-74	Gravimétrico	%
Materia grasa	NB 103-75	Gravimétrico	%
Energía		Cálculo	Kcal

**Fuente:**CEANID, 2017.

### 3.6.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL OLLUCO

Los análisis microbiológicos se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). Para lo cual se tomó en cuenta los siguientes parámetros y métodos que se detalla en la tabla 3.13.

**Tabla 3.13**  
**Parámetros microbiológicos del olluco**

Parámetros	Norma	Métodos	Unidad
Coliformes totales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP
Coliformes fecales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP

**Fuente:** CEANID, 2017.

### 3.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES EN EL PROCESO

Las características de las variables del proceso en el presente trabajo, se detalla a continuación:

#### 3.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

La evaluación sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, gusto, olfato, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios (Watt y col, 1992).

La evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre los alimentos. La evaluación sensorial es aplicable a muchos sectores, tales como el desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos (Watt y col, 1992).

Para obtener resultados fiables para el presente trabajo de la elaboración de chips de olluco se realizó evaluaciones sensoriales a treinta jueces no entrenados, los cuales aportaban su valoración del producto.

#### **3.7.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN LAS RODAJAS DE OLLUCO**

Para establecer el tiempo de tratamiento térmico de las rodajas de olluco, se realizó una evaluación sensorial utilizando un test de escala de rango de seis puntos (Anexo B.5, Anexo B.6) y 30 jueces no entrenados, que valoraron el atributo el color y textura.

#### **3.7.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIPO DE GROSOR DE LAS RODAJAS DE OLLUCO**

Para definir el tipo de grosor de las rodajas de olluco, se realizó una evaluación sensorial utilizando un test de escala de rango de seis puntos (Anexo B.1, Anexo B.2, Anexo B.3 y Anexo B.4) y 30 jueces no entrenados, que valoraron el atributo textura.

#### **3.7.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL SABOR DE LAS CHIPS DE OLLUCO**

Para determinar el mejor sabor para chips de olluco, se realizó una evaluación sensorial utilizando un test de escala de rango de seis puntos (Anexo B.7) y 30 jueces no entrenados que valoraron el atributo sabor.

#### **3.7.1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER LA CONCENTRACIÓN DEL SABORIZANTE EN LAS CHIPS**

Para la concentración del saborizante para la adición a las chips de olluco, se realizó una evaluación sensorial utilizando un test de escala de rango de seis puntos (Anexo B.8) y 30 jueces no entrenados que valoraron el atributo sabor.

### **3.8 ANÁLISIS PARA EL PRODUCTO FINAL**

Los parámetros de calidad que se tomó en cuenta para el producto final (chips de olluco) un análisis físico-químico, microbiológico y organoléptico.

### 3.8.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

El análisis físico-químico para el producto final, se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, donde se determinó los siguientes parámetros y métodos que se detalla en la tabla 3.14:

**Tabla 3.14**  
**Parámetros físico-químicos del producto final**

Parámetros	Norma	Métodos	Unidad
Humedad	NB 028-88	Gravimétrico	%
Proteína	NB 466-81	Volumétrico	%
Cenizas	NB 075-74	Gravimétrico	%
Materia grasa	NB 103-75	Gravimétrico	%
Energía	..	Calculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2017.

### 3.8.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

El análisis microbiológico se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), los siguientes parámetros y métodos que se observa en la tabla 3.15:

**Tabla 3.15**  
**Análisis microbiológicos del producto final**

Parámetros	Norma	Métodos	Unidad
Coliformes totales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP
Coliformes fecales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP

Fuente:CEANID, 2017.

### 3.8.3 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO FINAL

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria para el hombre. Desde su infancia y de una forma consiente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con el aspecto que experimenta al observarlos o digerirlos. Este aspecto fundamental de la calidad es el que incide

directamente en la reacción del consumidor y es lo que se denomina calidad sensorial (Salvador, 2010).

Para el análisis organoléptico del producto final se realizó una evaluación sensorial de escala de rango de nueve puntos (Anexo B.9) y treinta jueces no entrenados que valoraron los siguientes atributos:

- Olor.
- Textura.
- Sabor.
- Aspecto

### **3.9 DISEÑO FACTORIAL**

El diseño factorial, como estructura de investigación, es la combinación de dos o más diseños simples (o unifactoriales); es decir, el diseño factorial requiere la manipulación simultánea de más de dos variables independientes (llamados factores), en un mismo experimento (Pantoja, 2010).

En función de la cantidad de factores o variables de tratamiento, los formatos factoriales se denominan, también, diseños de tratamientos x tratamientos, tratamientos x tratamientos x tratamientos, etc, y se simbolizan por AxB, AxBxC, etc. (Pantoja, 2010).

### **3.10 DISEÑO FACTORIAL DE MAS DE TRES FACTORES**

El estudio factorial de tres o más factores (A, B Y C) permite investigar los efectos: A, B, C, AB, AC, BC Y ABC, donde el nivel de desglose o detalle en el que pueden estudiarse depende del número de niveles utilizados en cada factor. Por ejemplo: si un factor se prueba en dos niveles, todo su efecto marginal (individual) es lineal, o sea que su efecto individual no se puede descomponer, pero si tuviera tres niveles su efecto marginal se puede descomponer en una parte lineal y otra cuadrática pura (Coral, 2014).

### 3.10.1 DISEÑO DE MÁS DE TRES FACTORES PARA LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN CHIPS DE OLLUCO

Para el presente trabajo de investigación se aplicó un diseño experimental donde se tomó 145 a 147 gr de rodajas de olluco de diferentes tipos de grosores, las cuales fueron colocadas en la malla milimétrica de 4\*4 cm<sup>2</sup> de superficie, para facilitar el pesado de las rodajas de olluco a intervalos de 15 minutos y determinar de esa manera la variación de pérdida de peso de las rodajas hasta obtener un peso constante (Coral, 2014).

En base a las variables propuestas para el secado de las rodajas de olluco como ser la temperatura, el tipo de corte y el tiempo de tratamiento térmico se aplicó un diseño factorial aleatorizado, donde su ecuación básica es la siguiente (Ecuación 3.1):

$$\boxed{A \times B \times C} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.1)}$$

Compuesto de los siguientes niveles de variación:

- Niveles de temperatura:  $TE_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $TE_2 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Niveles de tipo de grosor:  $TC_1 = 1 \text{ mm}$   $TC_2 = 2 \text{ mm}$  y  $TC_3 = 3 \text{ mm}$ .
- Niveles de tiempo de tratamiento térmico:  $TT_1 = 20 \text{ min}$  y  $TT_2 = 30 \text{ min}$ .

Correspondiendo a un modelo experimental de:

$$\boxed{2 \times 3 \times 2 = 12 \text{ pruebas y cada prueba con 2 réplicas.}}$$

En el siguiente cuadro 3.1 se muestra el árbol de variables con sus respectivas réplicas para el deshidratado de las chips de olluco.

**Cuadro 3.1**  
**Árbol de Variables para la elaboración de chips de olluco**

Árbol de variables			Replica 1	Replica 2
TC <sub>1</sub>	TE <sub>1</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>11</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>11</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>11</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>11</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>21</sub>	TC <sub>12</sub> TE <sub>12</sub> TT <sub>22</sub>
	TE <sub>2</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>11</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>12</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>12</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>11</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>22</sub>	TC <sub>12</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>22</sub>
TC <sub>2</sub>	TE <sub>1</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>21</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>22</sub> TE <sub>12</sub> TT <sub>12</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>21</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>21</sub>	TC <sub>22</sub> TE <sub>12</sub> TT <sub>22</sub>
	TE <sub>2</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>21</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>22</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>12</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>21</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>21</sub>	TC <sub>22</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>22</sub>
TC <sub>3</sub>	TE <sub>1</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>31</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>32</sub> TE <sub>12</sub> TT <sub>12</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>31</sub> TE <sub>11</sub> TT <sub>21</sub>	TC <sub>32</sub> TE <sub>12</sub> TT <sub>22</sub>
	TE <sub>2</sub>	TT <sub>1</sub>	TC <sub>31</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>11</sub>	TC <sub>32</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>12</sub>
		TT <sub>2</sub>	TC <sub>31</sub> TE <sub>21</sub> TT <sub>21</sub>	TC <sub>32</sub> TE <sub>22</sub> TT <sub>22</sub>

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

**A=TE=** Temperatura (60 y 65 °C).

**B=TC=** Tamaño del corte (1 mm, 2 mm y 3 mm).

**C=TT=** tiempo de tratamiento térmico (20 y 30 minutos).

**VARIABLE RESPUESTA**

En la humedad en las muestras de olluco deshidratada (en base húmeda).

## 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para la caracterización de la materia prima, se tomaron en cuenta los análisis físicos y físico-químicos del olluco (*Ullucus tuberosus* Loz).

### 4.1.1 ANÁLISIS FÍSICO DEL OLLUCO

La determinación de los análisis físicos (tabla 4.1, tabla 4.3 y tabla 4.5) del olluco (variedad INIAP-Caramelo), se realizó con veinte muestras tomadas al azar y aleatoriamente (figura 4.1).

**Figura 4.1**  
**Muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.1**  
**Análisis físico del olluco de variedad INIAP- Caramelo para rodajas de 1 mm**

<b>Muestras</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Peso comestible (g)</b>	<b>Peso no comestible (g)</b>	<b>Número de rodajas útiles</b>	<b>Número de rodajas no útiles</b>
1	4,00	16,21	2,52	16,21	0,21	11	0
2	4,05	15,04	3,71	14,58	0,46	10	1
3	3,60	15,67	2,05	15,47	0,20	9	1
4	4,00	17,01	2,30	18,52	0,00	10	0
5	5,00	16,31	2,01	16,14	0,17	8	1
6	3,50	20,14	3,03	19,26	0,00	8	0
7	4,00	17,65	2,25	17,59	0,06	9	1
8	4,00	21,02	3,08	21,02	0,00	10	2
9	4,30	16,04	3,51	13,76	1,64	10	2
10	3,50	15,74	2,51	15,74	0,00	9	0
11	5,10	20,62	2,90	20,47	0,18	8	2
12	4,00	19,23	2,80	19,23	0,00	8	0
13	4,20	16,32	3,46	16,32	0,00	7	0
14	2,50	11,85	3,43	10,42	1,44	7	3
15	3,00	16,66	2,24	13,42	0,39	9	2
16	4,00	19,04	2,61	16,53	0,13	11	0
17	3,10	16,65	2,21	12,97	1,03	10	1
18	3,00	15,07	3,62	12,6	0,22	6	1
19	4,50	19,31	2,51	12,49	0,00	10	0
20	4,50	20,69	3,33	15,76	0,00	11	0
<b>Promedio</b>	3,89	17,31	2,80	14,99	0,24	9	1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.1, muestra los resultados promedios del análisis físico del olluco de tipo de grosor de 1 mm: tamaño 3,89 cm, peso 17,31 g y diámetro 2,80 g. Así mismo se presenta un resultado promedio de 14,99 g de peso comestible y 0,24 g de peso no comestible.

En la tabla 4.2, se muestran los valores estadísticos del análisis físico del olluco de tipo de grosor de 1 mm: tamaño 4,75 mm, peso de 17,43 g, diámetro de 3,86 mm, peso comestible de 16,72 g y peso no comestible de 0,83 g.

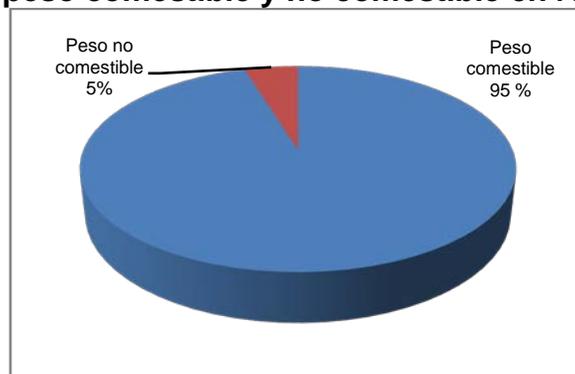
**Tabla 4.2**  
**Valores estadísticos del análisis físico del olluco para 1 mm**

Detalle	Rango	Media
Tamaño (mm)	2,50-5,00	4,75
Peso (g)	11,85-21,02	17,43
Diámetro (mm)	2,01-3,71	3,86
Peso comestible (g)	10,42-21,02	16,72
Peso no comestible (g)	1,00-1,64	0,83

**Fuente:** Elaboración propia.

En función a la tabla 4.2 de valores estadísticos del análisis físico del olluco podemos observar, la distribución del porcentaje comestible y el porcentaje no comestible de las rodajas de olluco.

**Figura 4.2**  
**Porcentaje de peso comestible y no comestible en rodajas de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 4.2, el olluco de grosor 1 mm tiene un mayor porcentaje de peso comestible (95%); debido a la obtención de rodajas más delgadas.

**Tabla 4.3**  
**Análisis físico del olluco de variedad INIAP- Caramelo para rodajas de 2 mm**

<b>Muestras</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Peso comestible (g)</b>	<b>Peso no comestible (g)</b>	<b>Número de rodajas útiles</b>	<b>Número de rodajas no útiles</b>
1	4,00	16,71	2,62	16,38	0,58	9	0
2	4,10	17,14	3,01	16,50	0,37	9	1
3	4,20	19,97	2,95	18,44	1,25	8	1
4	4,00	18,51	2,60	18,30	0,00	8	0
5	4,00	20,81	2,71	20,07	0,47	8	1
6	4,50	20,14	3,03	19,88	0,00	8	0
7	4,00	17,65	2,65	16,36	1,03	7	1
8	5,00	24,62	3,08	24,28	0,00	6	2
9	4,10	15,64	2,41	13,76	1,64	7	2
10	3,50	15,74	2,71	14,35	1,18	7	2
11	5,00	20,22	2,40	19,77	0,18	8	2
12	4,00	18,23	2,60	17,61	0,33	8	1
13	4,40	19,12	2,96	18,35	0,46	7	1
14	3,50	12,85	2,43	11,17	1,44	7	2
15	3,50	13,66	2,24	13,42	0,00	7	0
16	4,00	13,64	2,21	16,07	0,00	6	1
17	4,00	14,25	2,21	12,97	1,03	7	1
18	3,90	13,07	2,62	12,60	0,22	6	1
19	4,50	16,31	2,51	12,49	1,43	8	0
20	4,20	16,69	2,33	15,76	0,63	9	0
<b>Promedio</b>	4,12	17,25	2,61	16,42	0,53	7	1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.3, muestra los resultados promedios de los análisis físico del olluco del tipo de grosor de 2 mm: tamaño 4,12 cm, peso 17,25 g y diámetro 2,61 cm. Así mismo la materia prima presenta un resultado promedio de 16,42 g de peso comestible y 0,53 g de peso no comestible.

En la tabla 4.4, se muestran los valores estadísticos del análisis físico del olluco de tipo de grosor de 2 mm, tamaño de 3,64 mm, peso de 5,25 g, diámetro de 19,73 mm, peso comestible de 18,72 g y peso no comestible de 0,83 g.

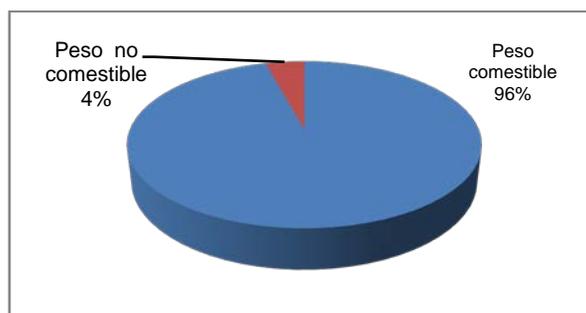
**Tabla 4.4**  
**Valores estadísticos del análisis físico del olluco para 2 mm**

Detalle	Rango	Media
Peso del olluco (g)	3,50-5,00	5,25
Diámetro (mm)	12,85-24,62	19,73
Tamaño (mm)	2,21-3,08	3,64
Peso comestible (g)	11,17-24,28	18,72
Peso no comestible (g)	0,01-1,64	0,83

**Fuente:** Elaboración propia.

En función a la tabla 4.4 de valores estadísticos del análisis físico del olluco podemos observar, la distribución del porcentaje comestible y el porcentaje no comestible de las rodajas de olluco.

**Figura 4.3**  
**Porcentaje de peso comestible y no comestible en rodajas de olluco de 2 mm**



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 4.3 el olluco tiene un gran porcentaje de peso comestible (96%), una buena opción debido al mediano tamaño de las rodajas.

**Tabla 4.5**  
**Propiedades físicas del olluco de variedad INIAP- Caramelo de 3 mm de grosor**

<b>Muestras</b>	<b>Tamaño (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Peso comestible (g)</b>	<b>Peso no comestible (g)</b>	<b>Número de rodajas útiles</b>	<b>Número de rodajas no útiles</b>
1	3,00	11,43	3,18	10,33	0,79	9	2
2	3,50	14,56	3,39	13,29	0,90	10	2
3	3,30	9,42	3,24	8,71	0,49	9	2
4	4,00	14,66	3,96	13,61	0,78	11	2
5	3,50	12,87	3,26	11,46	1,16	8	2
6	3,00	12,10	3,14	10,59	1,24	7	2
7	2,70	8,22	3,21	7,01	1,03	6	2
8	3,00	14,68	3,41	13,22	1,13	8	2
9	3,00	11,06	3,22	9,88	0,96	7	2
10	3,00	14,18	3,31	12,76	1,14	7	2
11	3,40	13,07	3,21	11,67	1,10	8	2
12	3,20	14,11	3,26	12,80	0,98	8	2
13	3,50	11,75	3,36	10,09	0,53	9	2
14	2,70	7,94	2,20	6,70	1,02	6	2
15	3,00	10,48	2,54	9,49	0,77	7	2
16	2,70	9,96	2,40	8,52	1,21	6	2
17	4,00	16,79	3,53	16,00	0,43	10	2
18	3,00	13,58	3,21	12,41	0,91	9	2
19	3,20	9,58	2,51	8,28	1,07	7	2
20	3,50	13,31	2,71	12,24	0,59	8	2
<b>Promedio</b>	3,21	12,18	3,11	10,50	0,91	8	2

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.5, muestra los resultados promedios del análisis físico del ollucodel olluco del tipo de grosor de 3 mm: tamaño 3,21 cm, peso 12,18 g y diámetro 3,11 cm. Así mismo presenta un resultado promedio de 10,50 g de peso comestible y un 0,91 g de peso no comestible.

En la tabla 4.6, se muestran los valores estadísticos del análisis físico del olluco de tipo de grosor de 3 mm, tamaño de 4,08 mm, peso de 4,35 g, diámetro de 13,36 mm, peso comestible de 12,35 g y peso no comestible de 0,87 g.

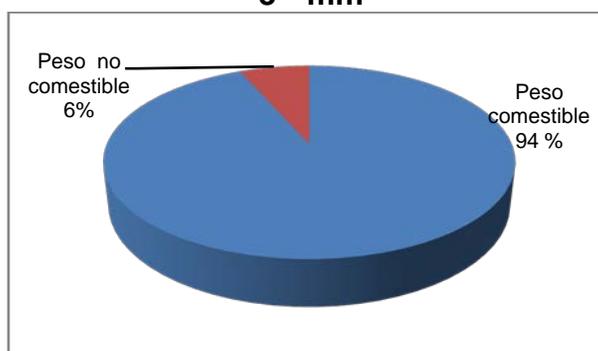
**Tabla 4.6**  
**Valores estadísticos del análisis físico del olluco para 3 mm**

Detalle	Rango	Media
Peso del olluco (g)	2,70-4,00	4,35
Diámetro (mm)	7,94-16,79	13,36
Tamaño (mm)	2,20-3,96	4,08
Peso comestible (g)	6,70-16,00	12,35
Peso no comestible (g)	0,49-1,24	0,87

**Fuente:** Elaboración propia.

En función a la tabla 4.6 de valores estadísticos del análisis físico del olluco podemos observar, la distribución del porcentaje comestible y el porcentaje no comestible de las rodajas de olluco.

**Figura 4.4**  
**Porcentaje de peso comestible y no comestible en rodajas de olluco de 3 mm**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.4 del olluco se detalla que el olluco tiene un porcentaje de peso comestible moderadamente bajo (94%), debido esto a la particularidad de las rodajas obtenidas son muy gruesas.

En base a las estadísticas y gráficas realizadas para el tipo de grosor 1 mm su porcentaje comestible es 16,72 g y porcentaje no comestible es 0,83 g, para el tipo de grosor de 2 mm el porcentaje comestible es 18,72 g y porcentaje no comestible es 0,83 g y finalmente para el tipo de grosor de 3 mm su porcentaje comestible es 12,35 g y porcentaje no comestible 0,87.

#### 4.1.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL OLLUCO

En la tabla 4.7 se presentan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del olluco variedad *INIAP-Caramelo* (Anexo A.1.1) para obtener chips de olluco.

**Tabla 4.7**  
**Análisis fisicoquímico del olluco (INIAP-Caramelo)**

Parámetros	Unidad	Cantidad
Humedad	%	87,85
Cenizas	%	0,74
Fibra	%	0,60
Hidratos de carbono	%	9,86
Materia grasa	%	0,06
Proteínas	%	0,89
Valor energético	Kcal/100	43,54

**Fuente:** CEANID, 2017.

En la tabla 4.7, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del olluco: humedad 87,85%, cenizas 0,74%, fibra 0,60%, hidratos de carbono 9,86%, materia grasa 0,06%, proteínas 0,89% y valor energético 43,54 kcal/100 g.

De acuerdo a la consulta realizada en el Ministerio de Salud y Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, se puede apreciar que los resultados obtenidos del CEANID (tabla 4.7) están dentro de los rangos de acuerdo a la tabla 4.8 citada.

**Tabla 4.8**  
**Composición nutricional del olluco (INIAP-Caramelo)**

Parámetros	Unidad	Cantidad
Humedad	%	83.70
Cenizas	%	0,80
Fibra	%	0,63
Hidratos de carbono	%	8.56
Materia grasa	%	0,10

Proteínas	%	1,10
Valor energético	Kcal/100	43,54

**Fuente:** Morón, 2015.

### 4.1.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL OLLUCO

En la tabla 4.9 se presentan los resultados obtenidos (Anexo A.1.1) del análisis microbiológico del olluco que se realizó en el CEANID.

**Tabla 4.9**  
**Parámetros microbianos**

Parámetro	Unidad	Cantidad
Coliformes totales	UFC/g	$5,1 \times 10^2$
Coliformes fecales	UFC/g	<10

**Fuente:** CEANID, 2017.

Según los resultados obtenidos del análisis microbiológico del olluco, se puede observar que los coliformes fecales tienen un resultado <10 UFC/g; quiere decir que no se observa desarrollo de colonias, dándonos a entender que el olluco fue cosechado de manera correcta y cumplen con las buenas prácticas agrícolas.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO PARA ELABORAR CHIPS DE OLLUCO

Las características de las variables del proceso de elaboración de chips de olluco, se detallan a continuación:

### 4.2.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO

Para inactivar la enzima causante de la oxidación del olluco, la polifenoloxidasasa (PFO) que tiene la capacidad de oxidar a los polifenoles y desencadenar una cadena de reacciones que acaban dando compuestos oscuros (melanoidinas) al olluco, se aplicó la operación de escaldado que tiene el objetivo de inactivar la enzima (Cardozo, 2010).

Para inactivar las enzimas, en el presente trabajo se utilizó un recipiente de acero inoxidable donde se le adicionó agua, se calentó hasta temperatura de ebullición (92 °C) y se sumergieron las muestras por un tiempo entre (20-30) minutos para los tres tipos de corte, como se detalla en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10**  
**Tiempo de tratamiento térmico de las rodajas de olluco**

<b>Características</b>		
Rodajas de 1 mm: (HL1)	Rodajas de 2 mm: (HL2)	Rodajas de 3 mm: (HL3)
R11= Tiempo de tratamiento térmica 20 minutos.	R12= Tiempo de tratamiento térmica 20 minutos.	R13= Tiempo de tratamiento térmica 20 minutos.
R21= Tiempo de tratamiento térmica 30 minutos.	R22= Tiempo de tratamiento térmica 30 minutos	R23= Tiempo de tratamiento térmica 30 minutos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez realizado el tratamiento térmico a nivel experimental, las muestras fueron escurridas. No se realizó una evaluación sensorial correspondiente debido a que no existía una diferencia significativa de una muestra a otra con respecto a la variable del atributo textura en el tratamiento térmico; por lo cual se optó por la deshidratación, fritura y saborizado.

#### **4.3 CONTROL DE LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SECADO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO**

El control de variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Primer se calibró el secador a una temperatura de 60-65 °C.
- Segundo se colocaron las rodajas de olluco sobre las bandejas y se pesaron.
- Tercero se controló el contenido de humedad de las muestras cada 15 minutos con ayuda de un desecador y en balanza analítica, se registró cada peso.

La mayoría de los materiales sólidos están constituidos de materia seca y agua. Se puede establecer que la masa total ( $m_h$ ) del material es igual a la suma de su masa seca ( $m_s$ ) y de su masa de agua ( $m_{h_2O}$ ) (Barbosa y Vega, 2000).

$$m_h = m_s + m_{H_2O} \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

El control de variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco, se realizó con la finalidad de establecer la influencia de la temperatura y el tipo de grosor en el proceso de secado de las muestras de olluco. Con el objetivo de determinar el contenido de humedad, la cual se utilizó la ecuación: 4.2, citada por (Barbosa y Vega, 2000).

$$X = \frac{m_i - m_{ss}}{m_{ss}} \text{ (Ecuación 4.2)}$$

Donde:

X= Contenido de humedad en base seca (Kg de agua/Kg sólido seco).

$m_i$ = Masa inicial de las muestras de olluco (g).

$m_{ss}$ = Masa del sólido seco de las muestras de olluco (g).

Para establecer la influencia de qué tipo de corte y temperatura en el proceso de secado de las muestras de olluco, se tomó en cuenta las variables en función del contenido de humedad, como se lo detalla en la tabla 4.11 a continuación:

**Tabla 4.11**  
**Control de la variación del contenido de humedad en el secado**

Características	
En función al tipo de corte:	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corte de 1 mm (TC<sub>1</sub>)</li> <li>✓ Corte de 2 mm (TC<sub>2</sub>)</li> <li>✓ Corte de 3 mm (TC<sub>3</sub>)</li> </ul>
En función al tipo de la temperatura:	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corte de 1 mm (TC<sub>1</sub>) a temperatura entre 60°C (TE<sub>1</sub>) y 65°C (TE<sub>2</sub>).</li> <li>✓ Corte de 2 mm (TC<sub>2</sub>) a temperatura entre 60°C (TE<sub>1</sub>) y 65°C (TE<sub>2</sub>).</li> <li>✓ Corte de 3 mm (TC<sub>3</sub>) a temperatura entre 60°C (TE<sub>1</sub>) y 65°C (TE<sub>2</sub>).</li> </ul>

En función al tiempo del tratamiento térmico:	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corte de 1 mm (TC<sub>1</sub>) escaldado por 20 minutos (TT<sub>1</sub>) y 30 minutos (TT<sub>2</sub>)</li> <li>✓ Corte de 2 mm (TC<sub>2</sub>) escaldado por 20 minutos (TT<sub>1</sub>) y 30 minutos (TT<sub>2</sub>)</li> <li>✓ Corte de 3 mm (TC<sub>3</sub>) escaldado por 20 minutos (TT<sub>1</sub>) y 30 minutos (TT<sub>2</sub>)</li> </ul>
---	--

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1 INFLUENCIA DEL TIPO DE CORTE A 60 °C EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la tabla 4.12 se muestran los resultados promedios de la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco, 1 mm (TC<sub>1</sub>) (Anexo C.1), 2 mm (TC<sub>2</sub>) (Anexo C.2) y 3 mm (TC<sub>3</sub>) (Anexo C.3) a una temperatura de 60 °C (TE<sub>1</sub>) y un tiempo de tratamiento térmico de 20 minutos.

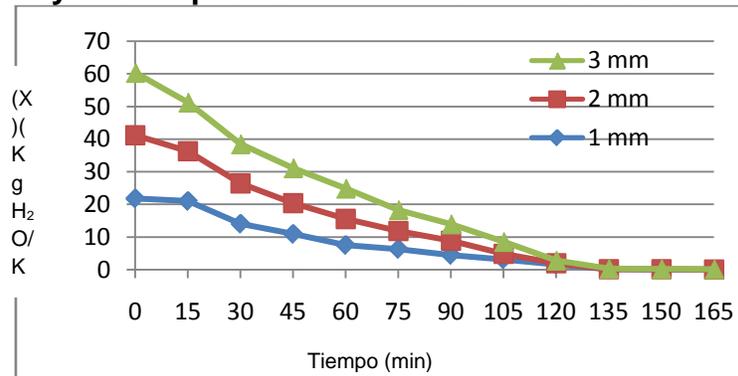
**Tabla 4.12**  
Variación del contenido de humedad en función al tipo de corte para las muestras de olluco a 60 °C tratamiento térmico de 20 minutos

Tiempo (min)	Promedio de Contenido de humedad en base seca de TC <sub>1</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>2</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>3</sub>
0	21,76	19,43	19,16
15	20,98	15,30	14,97
30	14,01	12,41	12,04
45	10,89	9,50	10,72
60	7,49	8,03	9,34
75	6,26	5,56	6,46
90	4,44	4,41	5,06
105	3,09	1,75	3,67
120	0,56	0,36	0,86
135	0,06	0,06	0,17
150	0,04	0,04	0,11
165	0,01	0,01	0,09

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.5 se muestran los resultados de variación de contenido de humedad en base seca en función al tipo de corte de las muestras de olluco, en base a los datos extraídos de la tabla 4.12 que se realizó en Microsoft Excel 2010.

**Figura 4.5**  
**Variación del contenido de humedad en función a los 3 tipos de cortes a 60 °C y un tiempo de tratamiento térmico de 20 minutos**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.5 se observa que a 60 °C (TE<sub>1</sub>) existe diferencia en el contenido de humedad en base seca en diferentes tipos de corte de las rodajas de olluco.

Es decir para un tiempo de 120 minutos (tabla 4.12) el tipo de corte de TC<sub>1</sub> (1 mm) tiene una pérdida de humedad de (0,56 Kg agua /Kg sólido seco); mientras que en el tipo de corte de TC<sub>2</sub> posee una pérdida de humedad de (0,36 Kg agua/Kg sólido seco) y por último en TC<sub>3</sub> tiene una pérdida de humedad de (0,86 Kg agua/Kg sólido seco).

#### 4.3.2 INFLUENCIA DEL TIPO DE CORTE A 65 °C EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la tabla 4.13 se muestran los resultados promedios de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco 1 mm (TC<sub>1</sub>) (Anexo C.4), 2 mm (TC<sub>2</sub>) (Anexo C.5) y 3 mm (TC<sub>3</sub>) (Anexo C.6) a una temperatura de 65 °C (TE<sub>2</sub>) y un tratamiento térmico de 20 minutos.

**Tabla 4.13**  
**Variación del contenido de humedad en función al tipo de corte para las muestras de olluco a 65 °C tratamiento térmico de 20 minutos.**

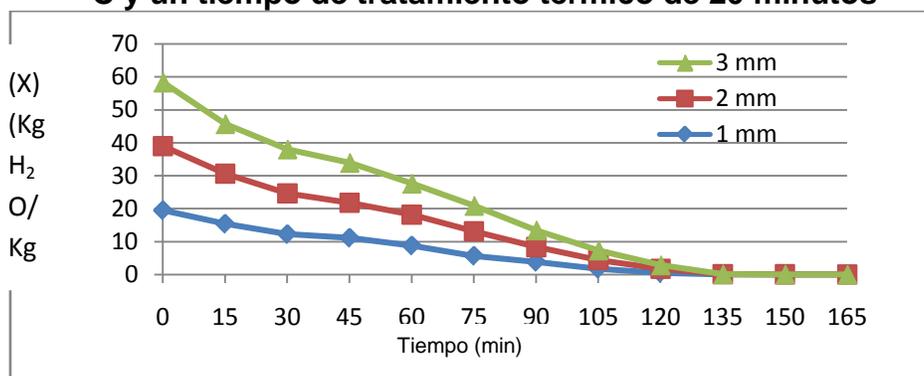
Tiempo	Promedio de Contenido	Promedio de	Promedio de
--------	-----------------------	-------------	-------------

(min)	de humedad en base seca de TC <sub>1</sub>	Contenido de humedad en base seca TC <sub>2</sub>	Contenido de humedad en base seca TC <sub>3</sub>
0	19,50	19,44	19,42
15	15,41	15,17	15,15
30	12,24	12,38	13,44
45	11,15	10,59	12,21
60	8,79	9,35	9,52
75	5,67	7,48	7,76
90	3,81	4,53	5,13
105	1,72	2,72	2,94
120	0,46	1,28	1,13
135	0,03	0,03	0,04
150	0,03	0,03	0,03
165	0,02	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.6 se muestran los resultados de variación de contenido de humedad en base seca en función al tipo de corte de las muestras de olluco, de datos extraídos de la tabla 4.13 y que se realizó en Microsoft Excel 2010.

**Figura 4.6**  
**Variación del contenido de humedad en función a los 3 tipos de cortes a 65 °C y un tiempo de tratamiento térmico de 20 minutos**



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.6 se observa que a 65 °C (TE<sub>2</sub>) existe diferencia en el contenido de humedad en base seca en diferentes tipos de corte de las rodajas de olluco. Por lo cual podemos apreciar que el tipo de corte que se ve más favorecedor en el proceso de secado son para el tipo de corte TC<sub>1</sub> (1 mm), TC<sub>2</sub> (2 mm) y por último TC<sub>3</sub> (3 mm).

Es decir para un tiempo de 120 minutos (tabla 4.13) el tipo de corte de TC<sub>1</sub> tiene una pérdida de humedad de (0,46 Kg agua /Kg sólido seco); mientras que en el tipo de corte de TC<sub>2</sub> posee una pérdida de humedad de (1,28 Kg agua/Kg sólido seco) y por último en TC<sub>3</sub> tiene una pérdida de humedad de (1,13 Kg agua/Kg sólido seco).

#### 4.3.3 INFLUENCIA DEL TIPO DE CORTE A 60 °C EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la tabla 4.14 se muestran los resultados promedios de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco 1 mm (TC<sub>1</sub>) (Anexo C.7), 2 mm (TC<sub>2</sub>) (Anexo C.8) y 3 mm (TC<sub>3</sub>) (Anexo C.9) a una temperatura de 60 °C (TE<sub>2</sub>) y un tratamiento térmico de 30 minutos.

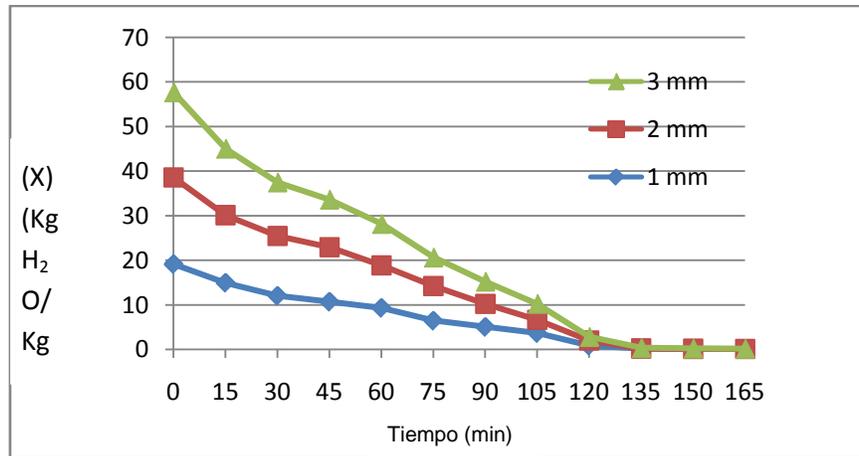
**Tabla 4.14**  
**Variación del contenido de humedad en función al tipo de corte para las muestras de olluco a 60 °C tratamiento térmico de 30 minutos.**

Tiempo (min)	Promedio de Contenido de humedad en base seca de TC <sub>1</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>2</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>3</sub>
0	22,52	19,07	19,61
15	18,89	15,28	14,13
30	12,46	13,57	12,36
45	9,75	9,67	10,25
60	7,16	8,27	9,51
75	7,55	6,24	6,43
90	4,62	4,46	5,50
105	3,29	1,67	3,35
120	1,77	0,36	0,88
135	0,55	0,04	0,18
150	0,03	0,02	0,14
165	0,01	0,01	0,08

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.7 se muestran los resultados de variación de contenido de humedad en base seca en función al tipo de corte de las muestras de olluco, de datos extraídos de la tabla 4.14 que se realizó en Microsoft Excel 2010.

**Figura 4.7**  
**Variación del contenido de humedad en función a los 3 tipos de cortes a 60 °C y un tiempo de tratamiento térmico de 30 minutos**



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.7 se observa que a 60 °C (TE<sub>2</sub>) existe diferencia en el contenido de humedad en base seca en diferentes tipos de corte de las rodajas de olluco.

Es decir para los 120 minutos (tabla 4.14) el contenido de humedad en base seca en las rodajas de olluco de 1 mm (TC<sub>1</sub>) a la temperatura de 60 °C (TE<sub>1</sub>) tiene (1,77 Kg agua/Kg sólido seco), 60 °C (TE<sub>2</sub>) presenta (0,36 Kg agua /Kg sólido seco) y 3 mm (TC<sub>1</sub>) a la temperatura de 60 °C (TE<sub>1</sub>) tiene (0,88 Kg agua /Kg sólido seco). En tal sentido, la variación de pérdida de agua es mayor en estas temperaturas.

#### 4.3.4 INFLUENCIA DEL TIPO DE CORTE A 65 °C EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la tabla 4.15 se muestran los resultados promedios de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de olluco 1 mm (TC<sub>1</sub>) (Anexo C.10), 2 mm (TC<sub>2</sub>) (Anexo C.11) y 3 mm (TC<sub>3</sub>) (Anexo C.12) a una temperatura de 65 °C (TE<sub>2</sub>) y un tratamiento térmico de 30 minutos.

**Tabla 4.15**

**Variación del contenido de humedad en función al tipo de corte para las muestras de olluco a 65 °C tratamiento térmico de 30 minutos.**

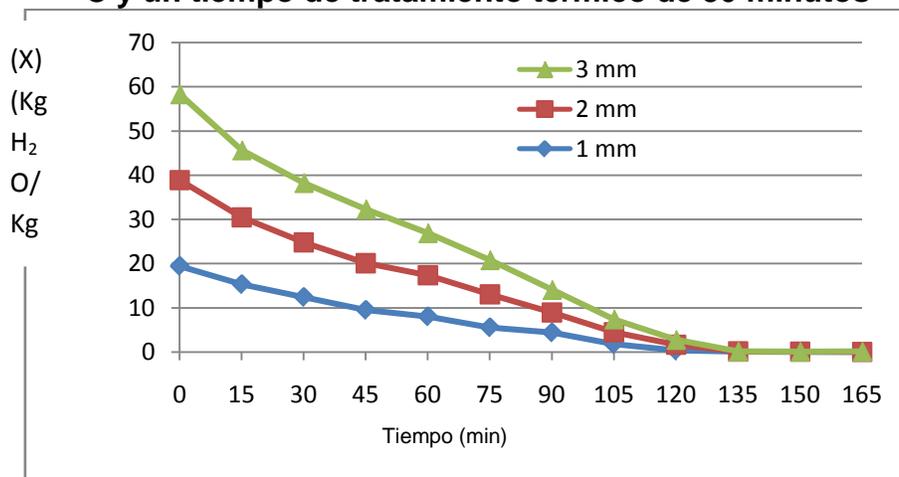
Tiempo (min)	Promedio de Contenido de humedad en base seca de TC <sub>1</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>2</sub>	Promedio de Contenido de humedad en base seca TC <sub>3</sub>
0	19,51	19,49	19,65
15	15,33	15,12	15,51

30	12,51	12,55	14,46
45	11,05	10,23	12,33
60	8,76	9,76	9,61
75	5,74	4,34	7,72
90	3,39	2,62	5,36
105	3,45	1,51	2,61
120	1,58	0,27	1,52
135	0,56	0,08	0,04
150	0,57	0,02	0,02
165	0,13	0,01	0,01

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.8 muestra los resultados de variación de contenido de humedad en base seca en función al tipo de corte de las muestras de olluco, de datos extraídos de la tabla 4.15 que se realizó en Microsof Excel 2010.

**Figura 4.8**  
**Variación del contenido de humedad en función a los 3 tipos de cortes a 65 °C y un tiempo de tratamiento térmico de 30 minutos**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.8 se observa que a los 120 minutos (tabla 4.15) el contenido de humedad en base seca en las rodajas de olluco de 1 mm ( $TC_1$ ) a la temperatura de 65 °C ( $TE_2$ ) tiene (01,58 Kg agua/Kg sólido seco), 2 mm ( $TC_1$ ) a la temperatura de 65 °C ( $TE_2$ ) tiene (0,27 Kg agua/Kg sólido seco) y 3 mm ( $TC_1$ ) a la temperatura de 65 °C ( $TE_2$ ) tiene (1,52 Kg agua /Kg sólido seco) y 65 °C ( $TE_2$ )

#### 4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO

Una vez realizado el secado de las muestras, fueron llevadas a una evaluación sensorial utilizando 30 jueces no entrenados que valoraron el atributo textura utilizando muestras de diferentes temperaturas (60 y 65 °C) y dos tiempos de tratamiento térmico (20 y 30 minutos) con una prueba valorada de seis puntos; las cuales se detallan a continuación:

##### 3.4.1 DETERMINACIÓN DEL ATRIBUTO TEXTURA A 60 °C Y 30 MINUTOS DE ESCALDADO

En la tabla 4.16 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de muestras de olluco de grosor 1 mm, 2 mm y 3 mm que fueron sometidas a un escaldado de 30 minutos a una temperatura de 60 °C.

**Tabla 4.16**  
**Determinación del atributo textura en el proceso de secado**

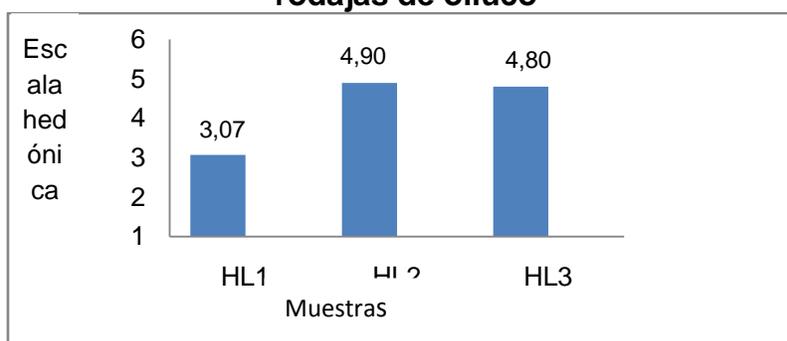
Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	HL1 (1mm)	HL2(2mm)	HL3(3mm)
1	4	6	6
2	3	6	6
3	5	4	4
4	2	5	5
5	3	4	2
6	4	5	5
7	2	3	5
8	2	4	2
9	3	6	6
10	5	6	5
11	1	5	3
12	3	4	5
13	4	5	3
14	6	6	6
15	3	5	5
16	4	6	4
17	2	5	6
18	1	4	5
19	3	4	5
20	5	5	5
21	6	5	4
22	3	5	4
23	3	5	5

24	2	6	3
25	5	5	6
26	1	5	6
27	1	4	6
28	2	6	6
29	2	5	5
30	2	3	6
<b>Promedio</b>	3,07	4,90	4,80

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.9 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura, de las muestras deshidratadas a una temperatura de 60°C y tratamiento térmico de 30 minutos, datos extraídos de la tabla 4.17.

**Figura 4.9**  
**Valores promedios para determinar el tiempo de tratamiento térmico en las rodajas de olluco**



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.9 se observa que la muestra HL2 (4,90) tiene el promedio más alto; en comparación con las muestras HL1(3,07) y HL3 (4,80), que son menores.

#### 4.4.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO SEGÚN EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.17 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.2.5 (Anexo D.2).

**Tabla 4.17**  
**Prueba de Duncan para determinar el tiempo de tratamiento térmico al atributo textura**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
HL2-HL3	0,10 <sup>c</sup> 2,86	No hay diferencia significativa
HL2-HL1	1,831,19	SI hay diferencia significativa
HL3-HL1	1,73 <sup>c</sup> 1,37	No hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.17 se observa que existe evidencia estadística en el tratamiento (HL2-HL1) que es significativo en comparación a los tratamientos (HL2-HL3) y (HL3-HL1); que no son significativos para  $p < 0,01$ .

#### 4.4.2 DETERMINACIÓN DEL ATRIBUTO TEXTURA A 65 °C Y 30 MINUTOS DE ESCALDADO

En la tabla 4.18 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de muestras de olluco de grosor 1 mm, 2 mm y 3 mm que fueron sometidas a un escaldado de 30 minutos a una temperatura de 65 °C.

**Tabla 4.18**  
Determinación del atributo textura en el proceso de secado

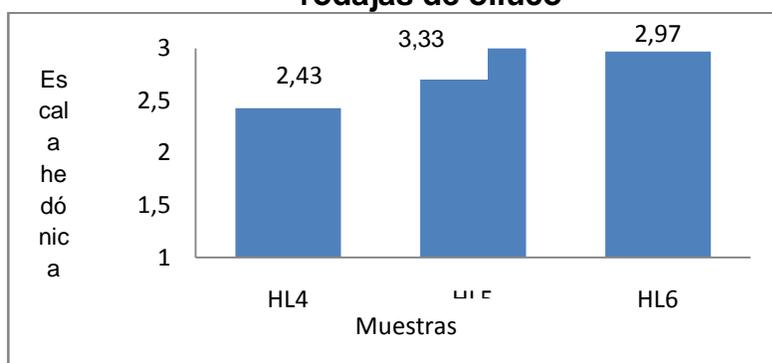
Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	HL4(1mm)	HL5(2mm)	HL6(3mm)
1	2	4	3
2	4	2	2
3	3	4	2
4	3	4	3
5	2	3	4
6	1	4	4
7	2	4	1
8	4	3	1
9	3	4	4
10	1	3	4
11	1	1	3
12	2	3	3
13	3	4	3
14	2	3	4
15	2	3	3
16	2	2	4
17	2	2	2
18	4	3	2
19	3	3	2
20	1	4	4
21	3	4	3
22	3	4	3
23	3	4	2
24	2	3	3
25	2	3	4
26	4	4	3
27	2	4	3

28	2	4	4
29	3	4	3
30	2	3	3
<b>Promedio</b>	2,43	3,33	2,97

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.10 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura, de las muestras deshidratadas a una temperatura de 65 °C y tratamiento térmico de 30 minutos, datos extraídos de la tabla 4.18.

**Figura 4.10**  
**Valores promedios para determinar el tiempo de tratamiento térmico en las rodajas de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.10 se observa que la muestra HL5 (3,33) tiene el promedio más alto; en comparación con las muestras HL4 (2,43) y HL6 (2,97), que son menores.

#### 4.4.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO SEGÚN EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.19 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.2.10 (Anexo D.2).

**Tabla 4.19**  
**Prueba de Duncan para determinar el tiempo de tratamiento térmico al atributo textura**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
HL5-HL6	2,36 2,33	Si hay diferencia significativa
HL5-HL4	0,90 1,33	No hay diferencia significativa
HL6-HL4	1,54 1,07	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.19 se observa que si existe evidencia estadística en los tratamientos (HL5-HL6) y (HL6-HL4); que es significativo en comparación a los tratamientos (HL5-HL4); que no son significativos para  $p < 0,01$ .

#### 4.4.3 DETERMINACIÓN DEL ATRIBUTO TEXTURA A 60 °C Y 20 MINUTOS DE ESCALDADO

En la tabla 4.20 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de muestras de olluco de grosor 1 mm, 2 mm y 3 mm que fueron sometidas a un escaldado de 20 minutos a una temperatura de 60 °C.

**Tabla 4.20**  
**Determinación del atributo textura en el proceso de secado**

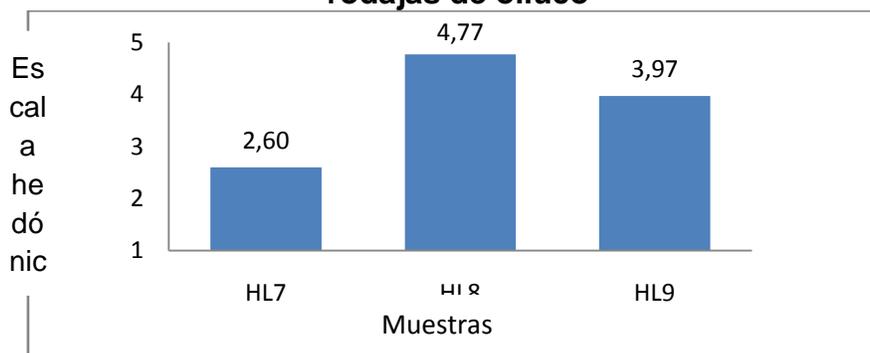
Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	HL7 (1mm)	HL8 (2mm)	HL9 (3mm)
1	5	5	6
2	2	5	4
3	3	4	5
4	4	6	4
5	5	5	3
6	5	4	5
7	2	5	6
8	4	6	5
9	1	5	4
10	1	5	2
11	2	1	5
12	3	4	3
13	2	5	6
14	2	5	1
15	1	5	5
16	2	5	5
17	3	5	2
18	1	4	2
19	2	5	5
20	4	5	4
21	2	6	2
22	3	5	5
23	2	5	6
24	1	5	5
25	3	4	3
26	5	5	3
27	2	4	3
28	3	6	3
29	1	3	2

30	2	6	5
<b>Promedio</b>	2,60	4,77	3,97

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.11 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura, de las muestras deshidratadas a una temperatura de 60 °C y tratamiento térmico de 20 minutos, datos extraídos de la tabla 4.20.

**Figura 4. 11**  
**Valores promedios para determinar el tiempo de tratamiento térmico en las rodajas de olluco**



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.12 se observa que la muestra HL8 (4,77) tiene el promedio más alto, en comparación con las muestras HL7 (2,60) y HL9 (3,97), que son menores.

#### 4.4.3.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO SEGÚN EL ATRIBUTO TEXTURA

La tabla 4.21 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.2.15 (Anexo D.2).

**Tabla 4.21**  
**Prueba de Duncan para determinar el tiempo de tratamiento térmico al atributo textura**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
HL9-HL8	0,80 < 2,94	No hay diferencia significativa
HL8-HL7	2,17 > 1,74	Si hay diferencia significativa
HL8-HL9	1,37 < 1,41	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4 DETERMINACIÓN DEL ATRIBUTO TEXTURA A 65 °C Y 20 MINUTOS DE ESCALDADO

En la tabla 4.22, se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de muestras de olluco de grosor 1 mm, 2 mm y 3 mm que fueron sometidas a un escaldado de 20 minutos a una temperatura de 65 °C.

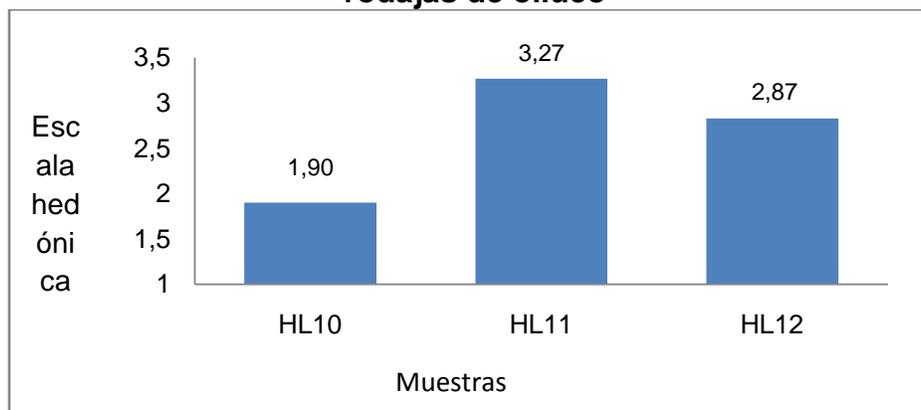
**Tabla 4.22**  
**Determinación del atributo textura en el proceso de secado**

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	HL10 (1mm)	HL11 (2mm)	HL12 (3mm)
1	1	4	4
2	2	3	2
3	1	3	3
4	2	4	1
5	4	4	3
6	1	4	3
7	2	4	4
8	3	4	3
9	2	2	3
10	1	4	2
11	4	2	3
12	1	4	4
13	2	4	3
14	1	4	2
15	2	4	3
16	1	3	4
17	2	4	2
18	2	4	4
19	2	3	3
20	1	2	1
21	2	2	2
22	3	2	3
23	2	2	4
24	1	4	2
25	4	3	5
26	2	3	1
27	1	2	2
28	2	4	2
29	1	4	3
30	2	2	4
<b>Promedio</b>	1,90	3,27	2,83

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.12 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura de las muestras deshidratadas a una temperatura de 65 °C y tratamiento térmico de 20 minutos, datos extraídos de la tabla 4.22.

**Figura 4.12**  
**Valores promedios para determinar el tiempo de tratamiento térmico en las rodajas de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.13, se observa que la muestra HL11 (3,27) tiene el promedio más alto; en comparación con las muestras HL10 (1,90) y HL12 (2,83), que son menores.

#### 4.4.4.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO SEGÚN EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.23, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.2.20 (Anexo D.2).

**Tabla 4.23**  
**Prueba de Duncan para determinar el tiempo de tratamiento térmico al atributo textura**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
HL11-HL12	0,44 <sup>1</sup> 1,82	No hay diferencia significativa
HL11-HL10	1,371,08	Si hay diferencia significativa
HL12-HL10	0,93 0,87	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.23, se observa que existe evidencia estadística en el tratamiento (HL11-HL10) y (HL12-HL10); que son significativos en comparación del tratamiento (HL11-HL12); que no son significativos para  $p < 0,01$ .

Realizado el tratamiento se pudo evidenciar que las muestras que mejor se adecuan son:

- CH1=TC3, TT2 y TE1 (3 mm, 30 minutos y 60 °C)
- CH2=TC3, TT2 y TE2 (3 mm, 30 minutos y 65 °C)

#### 4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO

En el diseño experimental se tomó en cuenta los factores que tienen mayor influencia en el proceso de secado para obtener chips de olluco. Así mismo, se tomó en cuenta las variables de temperatura (60 y 65 °C), el tipo de corte (1 mm, 2 mm y 3 mm) y tiempo de tratamiento térmico (20 y 30 minutos).

En la tabla 4.24 se muestra los resultados del contenido de humedad en base seca (Anexo D.1) de la variable del proceso de secado.

**Tabla 4.24**  
**Contenido de humedad del diseño experimental en el proceso de secado para obtener chips de olluco**

Tipo de corte		Factor B y Factor C								Total (Yi)
		Temperatura								
		60 °C				65 °C				
		20 minutos				30 minutos				
Factor A	1 mm	1,60	3,11	1,83	3,43	1,85	3,54	1,62	3,18	13,26
		1,51		1,60		1,69		1,56		
	2 mm	0,37	0,71	1,31	2,56	0,36	0,71	0,25	0,54	4,52
		0,34		1,25		0,35		0,29		
	3 mm	0,88	1,72	1,16	2,26	0,87	1,76	1,58	3,03	8,77
		0,84		1,10		0,89		1,45		
Total (Tj)			5,54		8,25		6,01		6,75	26,55

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.5.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO

En la tabla 4.25 se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable respuesta (contenido de humedad) de los datos extraídos de la tabla E.2.2 (Anexo E).

**Tabla 4.25**  
**Análisis de varianza del diseño experimental en el proceso de secado para obtener chips de olluco**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
SC(T)	137,58	17	-	-	-
SC(A)	93,92	2	46,96	4,76	4,26
SC(B)	1,59	2	0,79	0,080	4,26
SC(AB)	48,85	4	2,21	0,21	3,63
SC(E)	88,73	9	9,85	-	-

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.25 muestra que existe una diferencia significativa para el factor A (tipo de corte)  $SS(A)$ ;  $F_{cal} (4,76) > F_{tab}(4,26)$ . Sin embargo factor B (temperatura)  $SS(B)$ ;  $F_{cal} (0,080) < F_{tab}(4,26)$  no existe una diferencia estadística significativa; ya que  $F_{cal} (0,21) < F_{tab}(3,36)$ . Para un límite de confianza del 95%.

En el proceso de secado para obtener chips de olluco, se estableció el factor A (tipo de corte) es significativo. Por lo tanto, se puede decir que es el factor que tiene mayor influencia en comparación con el factor B (temperatura) que no es significativo para  $p < 0,05$ .

#### **4.6 CINÉTICA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO**

La tabla 4.26, se muestra los datos para realizar la cinética de secado de peso versus contenido de humedad en base seca para construir la cinética de las muestras de olluco, que fueron extraídos de la tabla C.12 (Anexo C). Las condiciones del proceso de secado que se detallan a continuación:

- ✓ Área de la bandeja de secado: 0,1938 m<sup>2</sup>
- ✓ Cantidad de materia prima: 143,41 g
- ✓ Contenido de humedad: 87,85 %
- ✓ Contenido de materia seca: 12,15%
- ✓ Tiempo de secado: 4,0 horas
- ✓ Temperatura de secado: 65 °C

**Tabla 4.26**  
**Cinética en el proceso de secado para obtener chips de olluco**

Tiempo (min)	Peso (g)	X (Kg <sub>agua</sub> /Kg <sub>ss</sub> )	Δx (Kg/Kg)	Δx/ Δθ (Kg/Kg)	W (Kg <sub>agua</sub> /m <sup>2</sup> h)	X media (Kg/Kg)
0	143,4	19,65	4,14	27,60	0,85	4,56
15	114,7	15,51	4,05	27,00	0,81	4,25
30	104,4	14,46	3,73	24,86	0,75	3,89
45	97,23	12,33	2,72	18,13	0,60	33,56
60	76,99	9,61	2,59	17,26	0,48	2,05
75	63,02	7,72	2,36	15,73	0,29	1,25
90	46,79	5,36	1,25	8,33	0,16	0,58
105	25,47	2,61	1,19	7,93	0,06	0,36
120	15,24	1,52	1,08	7,20	0,03	0,25
135	7,58	0,04	0,02	0,13	0,02	0,12
150	7,56	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01
165	7,40	0,01				

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

P=Peso de las muestras de olluco

X=Humedad en base seca de las muestras de olluco

Δx=Gradiente de humedad en base seca

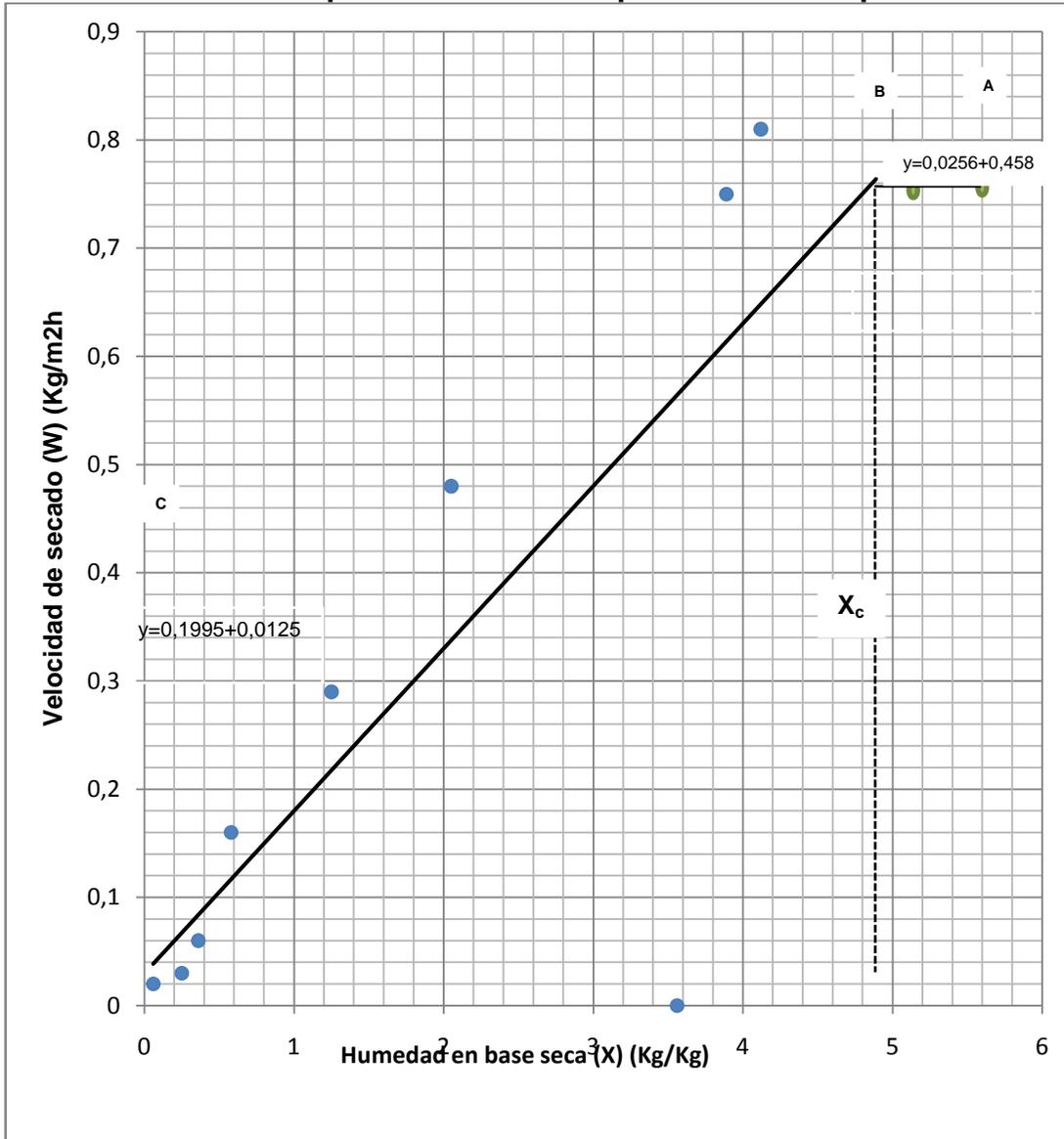
Δx/Δθ =Gradiente de humedad en base seca sobre el gradiente de tiempo

W= Velocidad de secado

X media=Humedad media

La figura 4.13 se muestra la curva de velocidad de secado para las muestras de olluco en función del contenido de humedad media de los datos obtenidos de la tabla 4.26.

**Figura 4.13**  
**Cinética en el proceso de secado para obtener chips de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.14, se muestra el comportamiento del contenido de humedad media, se puede establecer dos tramos.

- El periodo ante crítico (tramo A-B), cuya velocidad es constante hasta que el contenido de humedad de las muestras alcanza un valor crítico, cuya expresión matemática, se demuestra en la ecuación A.

$y = 0,0256 + 0,458x$  (**Ecuación A**)

- El periodo post critico (tramo B-C),` donde la velocidad de secado, muestras alcance el valor de equilibrio; cuya expresión matemática ajustada, se demuestra en la ecuación B.
- $y=0,1995+0,0125$ (Ecuación B)

#### **4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE FRITURA PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO**

En el proceso de fritura se tomó en cuenta dos muestras de olluco deshidratadas: CH1 que fue deshidratada a una temperatura 60 °C (TE<sub>1</sub>), un tiempo de tratamiento térmico de 30 minutos (TT<sub>2</sub>) y tipo de corte de 3 mm (TC<sub>3</sub>) y la muestra CH2 deshidratada a una temperatura 65 °C (TE<sub>1</sub>), un tiempo de tratamiento térmico de 30 minutos (TT<sub>2</sub>) y tipo de corte de 3 mm (TC<sub>3</sub>).

La evaluación sensorial fue realizada por 30 jueces no entrenados que degustaron las dos muestras fritas utilizando una prueba valorada de seis puntos donde valoraron los atributos color y textura.

##### **4.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE FRITURA PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO**

En la tabla 4.27, se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura de las muestras de olluco fritas CH1 y CH2.

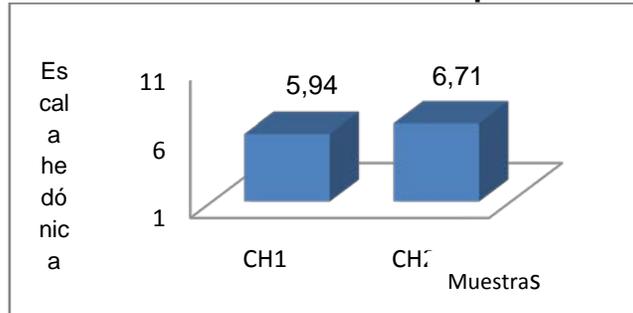
**Tabla 4.27**  
**Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de fritura para obtener chips de olluco**

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)	
	CH1	CH2
1	2	4
2	5	5
3	6	5
4	3	2
5	2	3
6	4	5
7	2	3
8	5	2
9	2	4
10	3	5
11	2	3
12	5	2
13	3	4
14	2	3
15	5	2
16	4	2
17	2	4
18	3	5
19	4	3
20	2	4
21	3	2
22	2	5
23	2	3
24	3	3
25	2	2
26	2	4
27	3	5
28	4	5
29	2	3
30	3	2
<b>Promedio</b>	5,94	6,71

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.15 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura en el proceso de fritado, de las muestras deshidratadas a una temperatura de 65 °C y un tratamiento térmico de 30 minutos y de tipo de grosor de 3 mm, según datos extraídos de la tabla 4.27.

**Figura 4.14**  
**Valores promedios de las muestras fritas para el atributo textura**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.15 se observa que la muestra CH2 (6,71) tiene el promedio más alto, en comparación con la muestra CH1 (5,94).

#### 4.7.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO TEXTURA EN LA FRITURA

En la tabla 4.28 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.3.5 (Anexo D.3).

**Tabla 4.28**  
**Prueba de Duncan para el atributo textura para las muestras fritas**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
CH2-CH1	5,945,31	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.28, se observa que sí existe evidencia estadística en el tratamiento (CH2-CH1) que hay diferencia significativa para  $p < 0,01$ . Por lo tanto la muestra CH2 (6,71) es la más aceptada por los jueces para el atributo textura en el proceso de fritura para obtener chips de olluco.

#### 4.7.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE FRITADO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO

En la tabla 4.29 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo color de las muestras de olluco fritas con las siguientes características que se detallan a continuación:

- CH3= Temperatura de 60 °C (TE<sub>1</sub>), tiempo de tratamiento térmico 30 minutos (TT<sub>2</sub>) y tipo de corte 3 mm (TC<sub>3</sub>).
- CH4= Temperatura de 65 °C (TE<sub>2</sub>), tiempo de tratamiento térmico 30 minutos (TT<sub>2</sub>) y tipo de corte 3 mm (TC<sub>3</sub>).

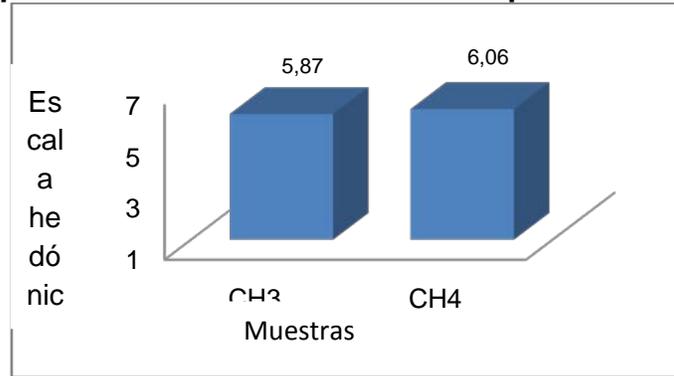
**Tabla 4.29**  
Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de fritura

Jueces	Muestras(Escala cuantitativa relativa)	
	CH3	CH4
1	3	5
2	2	3
3	5	5
4	3	2
5	2	2
6	3	2
7	2	3
8	3	5
9	2	2
10	4	3
11	2	2
12	3	5
13	2	2
14	3	3
15	2	2
16	3	5
17	2	4
18	5	2
19	2	3
20	4	2
21	4	2
22	4	3
23	3	5
24	5	4
25	2	2
26	4	3
27	2	2
28	5	5
29	3	4
30	2	2
<b>Promedio</b>	5,87	6,06

**Fuente:** Elaboración propia

La figura 4.15 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo color, de las muestras fritas, según datos extraídos de la tabla 4.29

**Figura 4.15**  
**Valores promedios de las muestras fritas para el atributo color**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.5 se observa que la muestra CH4 (6,06) tiene el promedio más alto, en comparación con la muestra CH3 (5,87).

#### **4.7.2.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO COLOR EN LA FRITURA**

En la tabla 4.30 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.3.10 (Anexo D.2).

**Tabla 4.30**  
**Prueba de Duncan para el atributo color para las muestras fritas**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
CH4-CH3	0,190,10	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.30 se observa que si existe evidencia estadística en los tratamientos (CH4-CH3) que son significativos para  $p < 0,01$ .

#### **4.8 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL SABOR DE LAS CHIPS DE OLLUCO EN EL PROCESO DE SABORIZADO**

En el proceso de saborizado de las chips de olluco se tomó en cuenta tres sabores diferentes: Tocino ( $S_1$ ), queso cheddar ( $S_2$ ) y tradicionales ( $S_3$ ). En la tabla 4.31 se detalla los resultados obtenidos.

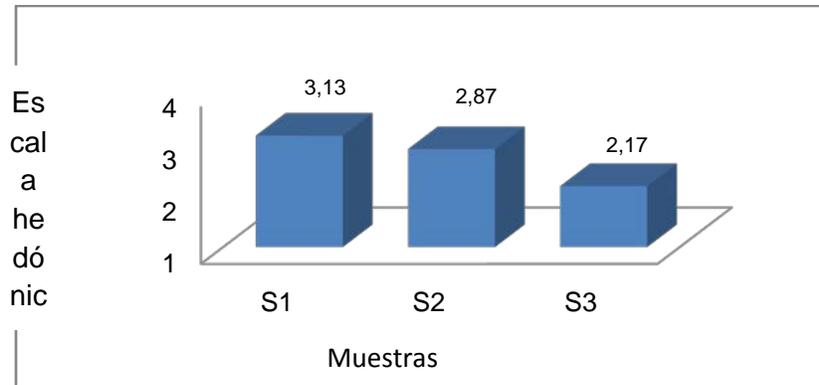
**Tabla 4.31**  
**Evaluación sensorial para seccionar el sabor de las chips de olluco**

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	S1	S2	S3
1	2	4	3
2	4	3	3
3	4	4	3
4	3	3	2
5	3	1	2
6	2	1	1
7	3	4	3
8	2	3	3
9	3	2	2
10	2	3	4
11	3	4	1
12	4	5	2
13	5	1	2
14	4	1	3
15	3	1	2
16	4	3	1
17	3	1	3
18	3	1	2
19	2	1	2
20	3	4	2
21	3	4	1
22	3	2	4
23	3	2	4
24	3	5	2
25	4	2	1
26	4	5	2
27	3	5	1
28	4	3	1
29	3	5	1
30	2	3	2
<b>Promedio</b>	3,13	2,87	2,17

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.16 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para la elección del sabor de las muestras fritas, según datos extraídos de la tabla 4.31.

**Figura 4.16**  
**Valores promedios de las muestras fritas para seleccionar el sabor**



**Fuente:** Elaboración propio.

En la figura 4.17 se observa que la muestra S1 (3,13) tiene el promedio más alto, en comparación con las muestras S2 (2,87) y S3 (2,17).

#### 4.8.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR EL SABOR DE LAS CHIP DE OLLUCO

En la tabla 4.32 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.4.5 (Anexo D.4).

**Tabla 4.32**

#### Prueba de Duncan para determinar el sabor de las chips de olluco

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
S1-S2	0,26 0,19	Si hay diferencia significativa
S1-S3	0,950,96	No hay diferencia significativa
S2-S3	0,702,15	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.32 se observa que si existe evidencia estadística en los tratamientos (S1-S2) y (S1-S3); que son significativos en comparación del tratamiento (S2-S3); que no son significativos para  $p < 0,01$ .

#### 4.9 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA CANTIDAD DE SABORIZANTE SABOR TOCINO

Para determinar la cantidad de saborizante se utilizó tres pruebas donde se tomó en cuenta tres diferentes concentraciones CS1= 3 %, CS2= 4 % y CS3= 5 %. En la tabla 4.33 se detalla los resultados obtenidos.

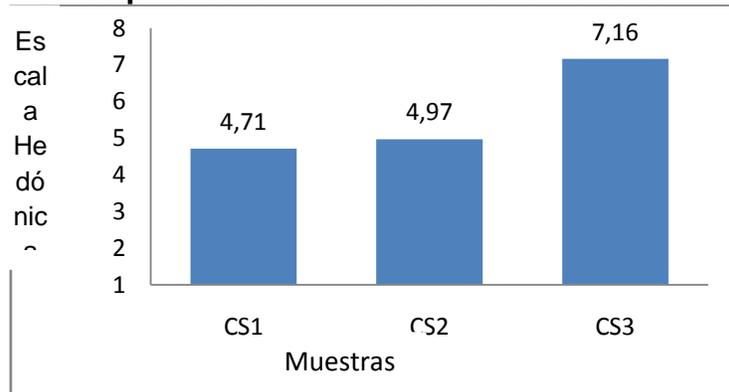
**Tabla 4.33**  
**Evaluación sensorial de la cantidad de saborizante de tocino**

Jueces	Muestras(Escala cuantitativa relativa)		
	CS1	CS2	CS3
1	1	2	5
2	2	2	2
3	1	2	3
4	3	2	5
5	2	3	3
6	4	5	5
7	2	2	4
8	3	1	5
9	2	4	4
10	1	2	5
11	4	3	4
12	2	2	5
13	3	3	5
14	2	3	3
15	2	2	3
16	2	1	5
17	3	4	2
18	2	2	5
19	1	3	3
20	4	4	4
21	2	4	2
22	3	2	4
23	3	3	2
24	2	3	3
25	4	2	2
26	2	3	5
27	3	2	3
28	2	2	2
29	4	2	5
30	2	2	3
<b>Promedio</b>	4,71	4,97	7,16

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.17 muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial para determinar la cantidad del saborizante para las muestra frita (CH2), según datos extraídos de la tabla 4.33.

**Figura 4.17**  
**Valores promedios para determinar la cantidad de saborizante de tocino**



**Fuente:** Elaboración propio.

En la figura 4.18 se observa que la muestra CS3 (7,16) tiene el promedio más alto, en comparación con las muestras CS2 (4,97) y CS1 (4,71)

#### **4.9.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE SABORIZANTE DE TOCINO**

En la tabla 4.34 muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla D.5.5 (Anexo E.5).

**Tabla 4.34**  
**Prueba de Duncan para la cantidad de saborizante de tocino**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
CS3-CS2	2,19 2,10	Si hay diferencia significativa
CS3-CS1	2,45 1,24	Si hay diferencia significativa
CS2-CS1	0,26 1,01	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.34 se observa que existe evidencia estadística en los tratamientos (CS3-CS2),(CS3-CS1) y (CS2-CS1) que son significativos para  $\alpha=0,01$ . Según la valoración de los jueces la muestra CS3 con un puntaje de 7,16 es la más aceptada por los jueces.

#### **4.10 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (CHIPS DE OLLUCO)**

Para la caracterización se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

##### **4.10.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL**

En la tabla 4.35 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico.

**Tabla 4.35**  
**Análisis fisicoquímico del producto final**

Parámetros	Unidad	Cantidad
Humedad	%	2,40
Ceniza	%	2,06
Fibra	%	2,46
Hidratos de carbono	%	58,09
Materia grasa	%	28,88
Proteínas	%	6,11
Valor energético	Kcal/100	516,72

**Fuente:** CEANID, 2017.

En la tabla 4.35 se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del olluco: humedad 2,40%, ceniza 2,06%, fibra 2,46%, hidratos de carbono 58,09%, materia grasa 28,88%, proteínas 6,11% y valor energético 516,72 kcal/100 g.

#### **4.10.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL**

En la tabla 4.36 se muestra los resultados del análisis microbiológico del producto final de datos obtenidos del Anexo A.2.4.

**Tabla 4.36**  
**Análisis microbiológico del producto final**

Parámetro	Unidad	Cantidad
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Coliformes fecales	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)

**Fuente:** CEANID, 2017.

Según los resultados obtenidos de la tabla 4.36, el producto final presenta Coliformes totales y Coliformes fecales  $<1,0 \times 10^1$  (\*); donde no se observa el desarrollo de colonias.

#### **4.10.3 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO FINAL**

La tabla 4.37 muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial.

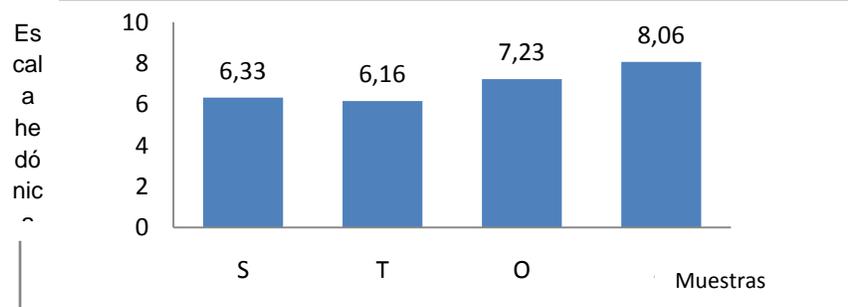
**Tabla 4.37**  
**Evaluación sensorial del análisis organoléptico del producto final**

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)			
	Sabor (S)	Textura (T)	Olor (O)	Aspecto (A)
1	9	6	6	8
2	6	5	8	8
3	5	8	9	8
4	8	4	6	9
5	2	5	7	8
6	8	6	5	9
7	8	9	7	7
8	8	5	8	8
9	4	4	9	8
10	5	8	8	9
11	9	4	5	8
12	8	5	7	8
13	4	6	8	9
14	7	5	8	9
15	5	8	8	8
17	7	5	8	8
18	5	6	7	9
19	5	9	8	8
20	8	5	9	6
21	2	4	8	8
22	8	6	7	7
23	5	5	4	8
24	6	4	7	9
25	5	8	8	8
26	9	9	9	9
27	5	6	8	8
28	8	9	7	7
29	5	9	8	8
30	8	8	5	9
<b>Promedio</b>	6,33	6,16	7,23	8,06

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.18 se muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial de una prueba valorada de nueve puntos de los atributos sabor, olor, textura y aspecto de datos extraídos de la tabla 4.37.

**Figura 4.18**  
**Valores promedios del análisis organoléptico del producto final**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.19 se observa que los atributos de aspecto (8,06) y olor (7,23) tienen mayor puntuación promedio; en comparación de los atributos sabor (6,33) y textura (6,16) que son los promedios menores en la escala valorada de nueve puntos.

#### 4.10.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.38 se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la tabla D.6.5 (Anexo D.6).

**Tabla 4.38**  
**Prueba de Duncan del análisis organoléptico del producto final**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
Aspecto-Olor	0,832,94	No hay diferencia significativa
Aspecto-Sabor	1,731,74	No hay diferencia significativa
Aspecto-Textura	1,931,41	Si hay diferencia significativa
Olor-Sabor	0,901,26	No hay diferencia significativa
Olor-Textura	1,102,94	No hay diferencia significativa
Sabor-Textura	0,201,74	No hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4.38 se observa que existe evidencia estadística en el tratamiento (Aspecto-Textura); que son significativos en comparación a los tratamientos (Aspecto-Olor), (Aspecto-Sabor), (Olor-Sabor), (Olor-Textura) y (Sabor-Textura); que no son significativos para  $p < 0,01$  %. Pero analizando la preferencia de los

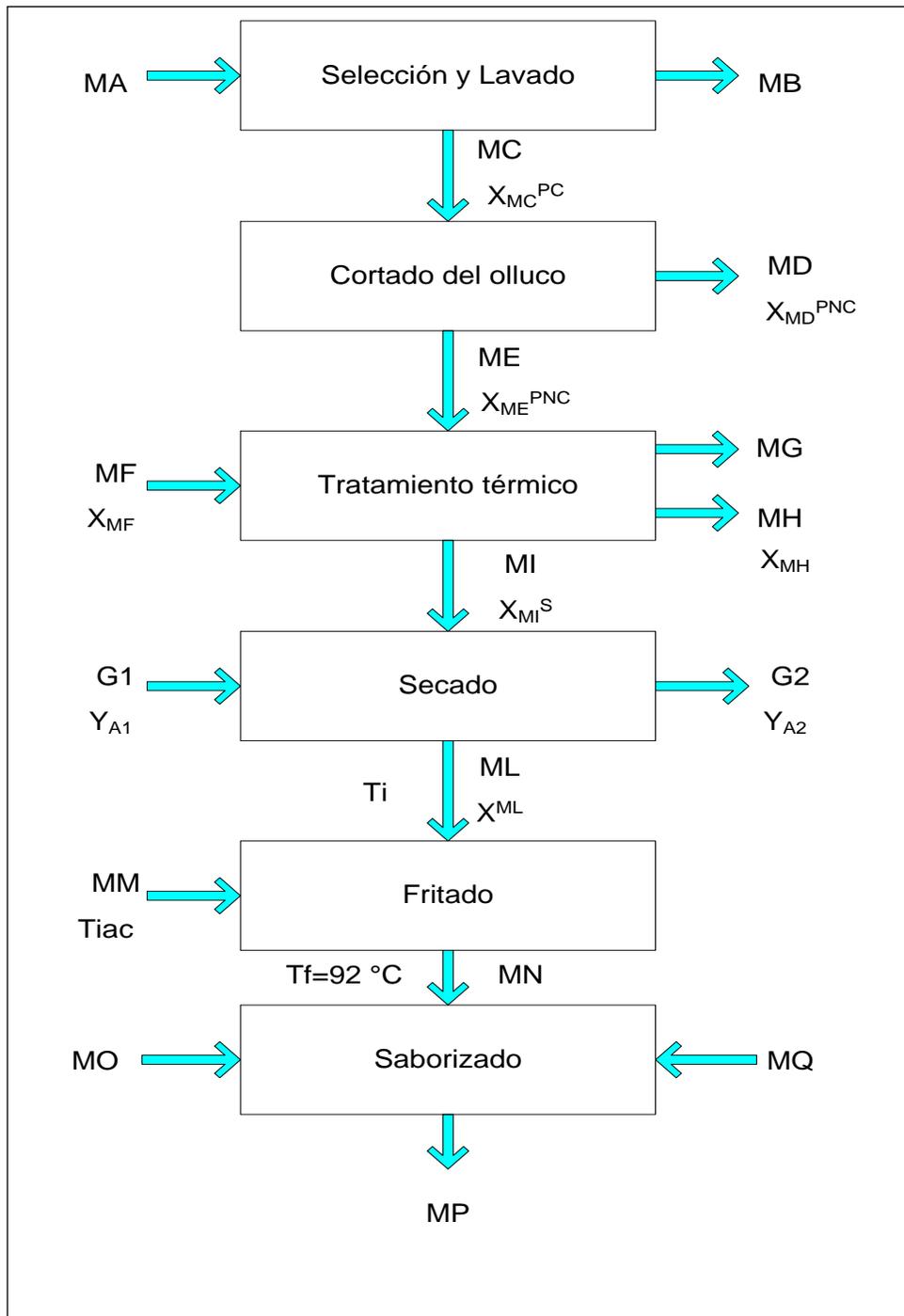
jueces, se tomó en cuenta el atributo aspecto (8,06) como el más sobresaliente del producto final.

Según los treinta jueces mostraron una preferencia por el producto final, para los atributos sensoriales de: sabor (6,33), textura (6,16), olor (7,23) y aspecto (8,06). Donde se puede observar, que hay mayor aceptación por los jueces para los atributos olor y aspecto y no así para el sabor y textura. Asimismo, se pudo observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos (atributos) para  $p < 0,01$ .

#### **4.11 BALANCE DE MATERIA PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO**

El balance de materia en el proceso para obtener chips de olluco, se realizó tomando en cuenta el siguiente diagrama de bloques representado en la figura 4.20.

**Figura 4.20**  
**Balance de materia para obtener chips de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Donde:**

MA= Peso del olluco entero y fresco (g)

MB= Peso de agua residual (g)

MC=Peso del olluco seleccionado y lavado (g)

$X_{MC}^{PC}$ =Fracción de la porción comestible del olluco seleccionado y lavado

MD=Peso de rodajas de olluco perdido en el cortado (g)

$X_{MD}^{PNC}$ =Fracción de la porción no comestible del olluco cortado

ME=Peso de rodajas de olluco (g)

$X_{ME}^{PNC}$ =Fracción de la porción no comestible del olluco en rodajas

MF=Peso de agua que entra al proceso (ml)

MG=Peso del agua evaporada (ml)

MH=Peso de agua que sale del proceso (ml)

MI=Peso de rodajas de olluco escaldadas (g)

$X_{MI}^S$ =Fracción de la parte solida del olluco escaldado

A<sub>1</sub>=Peso de aire a la entrada del proceso (g)

A<sub>2</sub>=Peso de aire a la salida del proceso (g)

Y<sub>1</sub>=Humedad absoluta (0,00701 Kg agua/Kg de aire)(Quisbert,2013)

Y<sub>2</sub>=Humedad absoluta (0,00986 Kg agua/Kg de aire)(Quisbert,2013)

ML=Peso de rodajas de olluco deshidratadas (g)

MM= Peso del aceite (ml)

T<sub>iac</sub>=Temperatura inicial del aceite

T<sub>i</sub>=Temperatura de las rodajas de olluco

T<sub>final</sub>=Temperatura final del aceite (92 °C)

MN=Peso de las chips de olluco (g)

MO=Peso del saborizante (g)

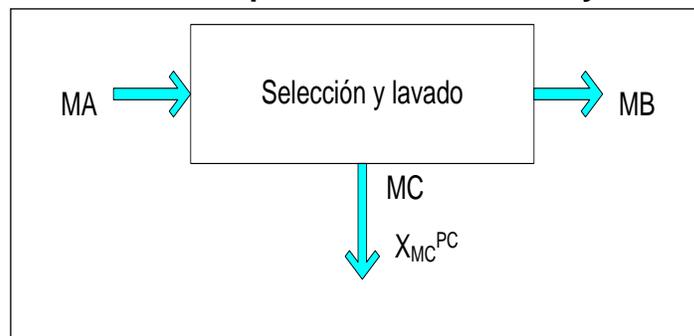
MP=Peso del producto final (g)

MQ=Peso de sal (g)

#### 4.11.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SELECCIÓN Y LAVADO DEL OLLUCO

La figura 4.21, muestra el balance de materia en el proceso de lavado y selección del olluco; para realizar los cálculos, se consideró 1264 g de olluco seleccionado con un porcentaje de tierra adherida según (Muñoz, 2012) es de 0,2 %.

**Figura 4.21**  
**Balance de materia en el proceso de selección y lavado del olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de selección y lavado del olluco:**

$$MA=MC+MB \quad \text{(Ecuación 4.2)}$$

**Dónde:**

$$MA=1264 \text{ g}$$

**Balance parcial de materia en el proceso de selección y lavado del olluco (Según Valiente, 1994):**

$$MA=MC+0,002*A \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

$$MC=MA(1-0,002) \quad \text{(Ecuación 4.4)}$$

$$MC=1264(1-0,002)$$

$$MC=1261,47 \text{ g}$$

**Despejando MB de la ecuación 4.2:**

$$MB=MA-MC \quad \text{(Ecuación 4.5)}$$

**Reemplazar los datos en la ecuación 4.5:**

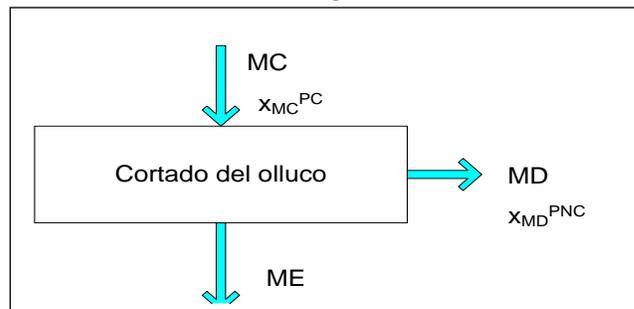
$$MB=1264-1261,47$$

$$MB=2,53 \text{ g}$$

#### 4.11.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CORTADO DEL OLLUCO

En la figura 4.12, muestra el balance de materia en el proceso de cortado de las rodajas de olluco. El cual, se realizó en base de 1,264 Kg de olluco y de datos obtenidos de la tabla 4.5 para la porción comestible 10,50 % y porción no comestible 0,91 %.

**Figura 4.22**  
**Balance de materia en el proceso de cortado del olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de cortado del olluco:**

$$MC=MD+ME \quad \text{(Ecuación 4.6)}$$

**Donde:**

$$MA=1,264 \text{ g}$$

$$X_{MC}^{PC}=0,105$$

$$X_{MC}^{PNC}=0,0091$$

La ecuación 4.7 para el balance parcial de materia para la porción comestible en el proceso de selección y lavado fue citada por (Valiente, 1994):

$$L_1X^{PC}_1 + L_2X^{PC}_2 = L_3X^{PC}_3 + L_4X^{PC}_4 \text{ (Ecuación 4.7)}$$

Reemplazando los datos del proceso en la ecuación 4.7 tenemos:

$$MCX_{MC}^{PC} = \cancel{MDX_{MD}^{PC}} + MEX_{ME}^{PC} \text{ (Ecuación 4.8)}$$

$$MCX_{MC}^{PC} = MEX_{ME}^{PC} \text{ (Ecuación 4.9)}$$

Despejando ME de la ecuación 4.9:

$$ME \square \square = \frac{MC * x \square \square}{x \square \square} \text{ (Ecuación 4.10)}$$

Por lo tanto tenemos:

$$ME \square \square = \frac{1264g * 0,0105}{1} = 132,72g$$

La ecuación 4.11 para el balance parcial de materia para la porción no comestible en el proceso de cortado del olluco fue citada por (Valiente, 1994):

$$L_1X^{PNC}_1 + L_2X^{PNC}_2 = L_3X^{PNC}_3 + L_4X^{PNC}_4 \text{ (Ecuación 4.11)}$$

Reemplazando los datos del proceso en la ecuación 4.11 tenemos:

$$MDX_{MD}^{PNC} = \cancel{MCX_{MC}^{PNC}} - MEX_{ME}^{PC} \text{ (Ecuación 4.12)}$$

Despejando ME de la ecuación 4.12:

$$ME = \frac{MC * x}{x} \text{ (Ecuación 4.13)}$$

Por lo tanto tenemos:

$$ME = \frac{1264g * 0,0091}{1} = 11,50g$$

Despejando ME de la ecuación 4.6:

$$ME = MC - ME$$

$$ME=1264-11,50$$

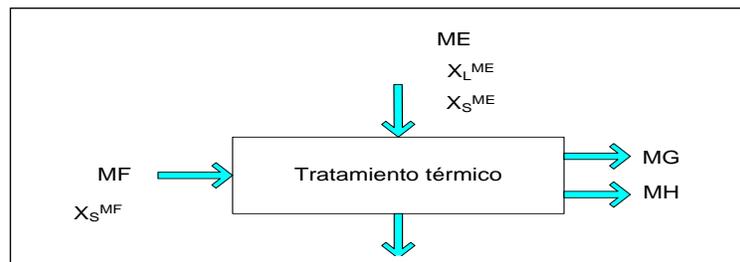
$$ME=1252,5 \text{ g}$$

#### 4.11.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la figura 4.23, muestra el balance de materia en el proceso del tratamiento térmico de las muestras de olluco. Para realizar el balance de materia, se tomó en cuenta datos promedios experimentales donde se tiene que del total de agua que ingresa al proceso se evapora el 13,7 % según (Quisbert, 2013) y el 85 % sale del proceso como agua residual.

Así mismo, se utilizó la humedad de las rodajas del olluco que es un 87,85 % dato emitido por el CEANID (Anexo A) (tabla 4.7).

**Figura 4.23**  
**Balance de materia en el proceso de tratamiento térmico**



Fuente: Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de tratamiento térmico:**

$$MF+ME=MI+MG+MH \quad \text{(Ecuación 4.14)}$$

**Dónde:**

$$MF=4734 \text{ g}$$

$$ME=1252,50 \text{ g}$$

$$MI=1750,08 \text{ g}$$

$$X_L^{ME}=0,8785$$

$$X_S^{ME}=0,1215$$

La ecuación 4.15 para el balance parcial de materia de las muestras de olluco sólido seco en el proceso de tratamiento térmico fue citada por (Valiente, 1994):

$$L_1 X_1^S + L_2 X_2^S = L_3 X_3^S + L_4 X_4^S \text{ (Ecuación 4.15)}$$

Reemplazando los datos del proceso en la ecuación 4.15 tenemos:

$$\cancel{MF} X_{MF}^S + ME X_{ME}^S = MI X_{MI}^S + \cancel{MG} X_{MG}^S + \cancel{MH} X_{MH}^S \text{ (Ecuación 4.16)}$$

$$ME X_{ME}^S = MI X_{MI}^S \text{ (Ecuación 4.17)}$$

Despejando  $X_{MI}^S$  de la ecuación 4.17, tenemos:

$$X_{MI}^S = \frac{ME \cdot X_{ME}^S}{MI} \text{ (Ecuación 4.18)}$$

Por lo tanto:

$$X_{MI}^S = \frac{1252,01215}{1250,80} = 0,086$$

Para calcular la cantidad de agua residual según (Quisbert, 2013) tenemos que:

$$MH = MF \cdot 0,85 \text{ (Ecuación 4.19)}$$

$$MH = 4734 \cdot 0,85$$

$$MH = 4023,90 \text{ g}$$

Para calcular la cantidad de agua evaporada (Quisbert, 2013) tenemos que:

$$MG = MF \cdot 0,137 \text{ (Ecuación 4.20)}$$

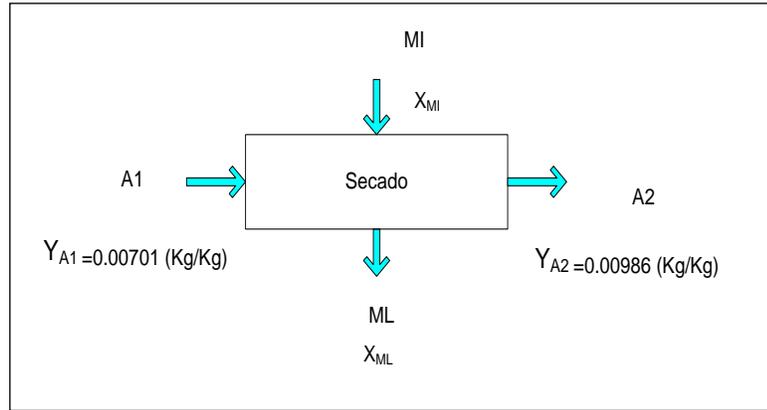
$$MG = 4734 \cdot 0,137$$

$$MG = 648,55 \text{ g}$$

#### 4.11.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la figura 4.24, muestra el balance de materia en el proceso de secado de las muestras de olluco. Para tal efecto, se tomó en cuenta el contenido de humedad en base húmeda, contenido de humedad en base seca y condiciones del aire.

**Figura 4.24**  
**Balance de materia en el proceso de secado de las muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de secado (Según Valiente, 1994):**

$$MI + A_1 = ML + A_2 \text{ (Ecuación 4.21)}$$

**Dónde:**

$$MI = 1750,08 \text{ g}$$

$$ML = 119 \text{ g}$$

**Balance parcial de materia para humedad en base seca en el proceso de secado se tomó en cuenta la ecuación 4.22 citado por (Valiente, 1994).**

$$L_1 X_1^S + L_2 X_2^S = L_3 X_3^S + L_4 X_4^S \text{ (Ecuación 4.22)}$$

**Reemplazando los datos en la ecuación 4.22 tenemos:**

$$MI X_{MI}^S + A_1 Y_{A1} = ML X_{ML}^S + A_2 Y_{A2} \text{ (Ecuación 4.23)}$$

**Considerando un sistema abierto según (Valiente, 1994) tenemos:**

$$m_{SS} = MI = ML \quad \text{Cantidad de materia seca (g)}$$

$$A = A_1 = A_2 \quad \text{Cantidad de aire seco (g)}$$

La cantidad de materia seca ( $m_{SS}$ ) es de 119 g (para una cantidad de 1750,80 g de rodajas de olluco).

**Reemplazando variables en la ecuación 4.23 tenemos:**

$$m_{SS} X_{MI}^S + AY_{A1} = m_{SS} X_{ML}^S + A Y_{A2} \quad \text{(Ecuación 4.24)}$$

**Ordenando las variables de la ecuación 4.24 tenemos:**

$$m_{SS} X_{MI}^S - m_{SS} X_{ML}^S = A Y_{A2} - AY_{A1} \quad \text{(Ecuación 4.25)}$$

**Factorizando  $m_{SS}$  y  $A$  tenemos:**

$$m_{SS}(X_{MI}^S - X_{ML}^S) = A (Y_{A2} - Y_{A1}) \quad \text{(Ecuación 4.26)}$$

**Despejando  $A$  tenemos:**

$$A = \frac{m_{SS} (X_{MI}^S - X_{ML}^S)}{Y_{A2} - Y_{A1}} \quad \text{(Ecuación 4.27)}$$

Según (Zrazhevskiy, 2013), la altura de la ciudad de Tarija es de 1866 msnm; Según (Quisbert, 2013) los datos fueron introducidos en el software Aktonde psicrometría el cual se detalla en la tabla 4,39, los resultados de las propiedades psicométricas en base temperatura de búlbo seco (Tbs) y búlbo húmedo (Tbh) en la entrada y salida del secador.

**Tabla 4.39**  
**Propiedades psicométricas del aire**

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
Tbs (°C)	19 °C	60 °C	27 °C
Tbh (°C)	11 °C	24 °C	16 °C
HR (%)	41,1	6,00	35,6
Y (Kg agua/Kg de aire)	0,00701	0,00922	0,00986
H (Kj/Kg)	36,84	84,36	52,21
Ve (m <sup>3</sup> /Kg)	1,049	1,2	1,082

Fuente: Elaboración propia.

**Donde:**

Tbs= Temperatura de búlbo seco (°C)

Y=Humedad absoluta (Kg agua/Kg aire)

H= Entalpia (Kj/Kg)

Ve=Volumen especifico (m<sup>3</sup>/Kg)

Para calcular la cantidad de agua en el secado, se utilizó la ecuación 4.28, citado por (Valiente, 1994).

$$AE=S(W_1-W_2) \quad \text{(Ecuación 4.28)}$$

**Dónde:**

AE= Cantidad de agua evaporada (g)

W<sub>1</sub> =Contenido de humedad en base seca del alimento (g agua/g sólido seco)

W<sub>2</sub>=Contenido de humedad en base seca del producto (g agua/g sólido seco).

Reordenando la ecuación 4.28 en función del contenido de humedad tenemos:

$$AE= m_{SS}(X_{MI}-X_{ML}) \quad \text{(Ecuación 4.29)}$$

**Dónde:**

X<sub>MI</sub>=19,42 g agua/g sólido seco, tomado de la tabla C.6 (Anexo D)

X<sub>ML</sub>=0,10 g agua/g sólido seco, tomado de la tabla C.6 (Anexo D).

**Por lo tanto:**

AE=119 g (19,42-0,04)g agua/g sólido seco.

AE=2306,22 g de agua evaporada en el proceso de secado.

**Reemplazando A de la ecuación 4.27 tenemos:**

$$A = \frac{2306,22 \text{ g agua}}{(0,00986-0,00701) \frac{\text{g agua}}{\text{g aire seco}}} = 809200 \text{ g aire seco} = 809,20 \text{ Kg aire seco}$$

$$A = \frac{809,20 \text{ g aire seco}}{3,5 \text{ h}} = 231,20 \text{ g aire seco/h}$$

Para calcular la cantidad de caudal de aire, se tomó en cuenta la ecuación 4.28 citado por (Valiente, 1994). El volumen específico del aire fue extraído de la tabla 4.26; siendo el volumen específico ( $V_e$ )=1,049 m<sup>3</sup>/Kg.

$$G_1 = G \cdot V_e \text{ (Ecuación 4.28)}$$

**Dónde:**

$G_1$  = Volumen del aire seco (m<sup>3</sup>/min)

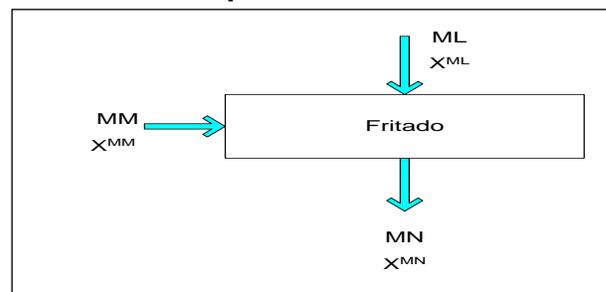
**Reemplazando datos en la ecuación 4.28 tenemos:**

$$G_1 = 231,2 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1,049 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \xrightarrow{G_2 = 242,52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 4,04 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

#### 4.11.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE FRITADO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la figura 4.25, muestra el balance de materia en el proceso de fritado de las muestras de olluco.

**Figura 4.25**  
**Balance de materia en el proceso de fritura de las muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de fritado:**

$$MM + ML = MN \quad \text{(Ecuación 4.29)}$$

**Dónde:**

MM = 500 ml

ML = 119 g

La cantidad de aceite utilizado fue de 500 ml de aceite de girasol, cuya cantidad se convirtió en g, donde se utilizó la ecuación 2.28 citada por (Montero, 2009).

$$1 \text{ ml}=0,789 \text{ g/ml} \quad \text{(Ecuación 4.30)}$$

**Por lo tanto:**

$$500\text{ml} \left( \frac{0,789 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \right) =394,5 \text{ g}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.27 tenemos:**

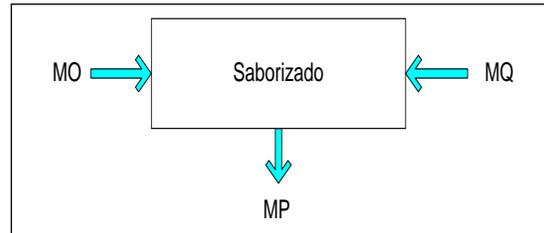
$$\text{MN}=394,5 \text{ g}+119 \text{ g}$$

$$\text{MN}=513,50 \text{ g}$$

#### 4.11.6 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SABORIZADO DE LAS MUESTRAS DE OLLUCO

En la figura 4.26, muestra el balance de materia en el proceso de saborizado de las muestras de olluco.

**Figura 4.26**  
**Balance de materia en el proceso de saborizado de las muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Balance global en el proceso de saborizado:**

$$\text{MQ}+\text{MO}+\text{MN}=\text{MP} \text{(Ecuación 4.31)}$$

**Dónde:**

$$\text{MQ}=0,01 \text{ g}$$

$$\text{MO}=0,05 \text{ g}$$

$$\text{MN}=513,50 \text{ g}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.31 tenemos:**

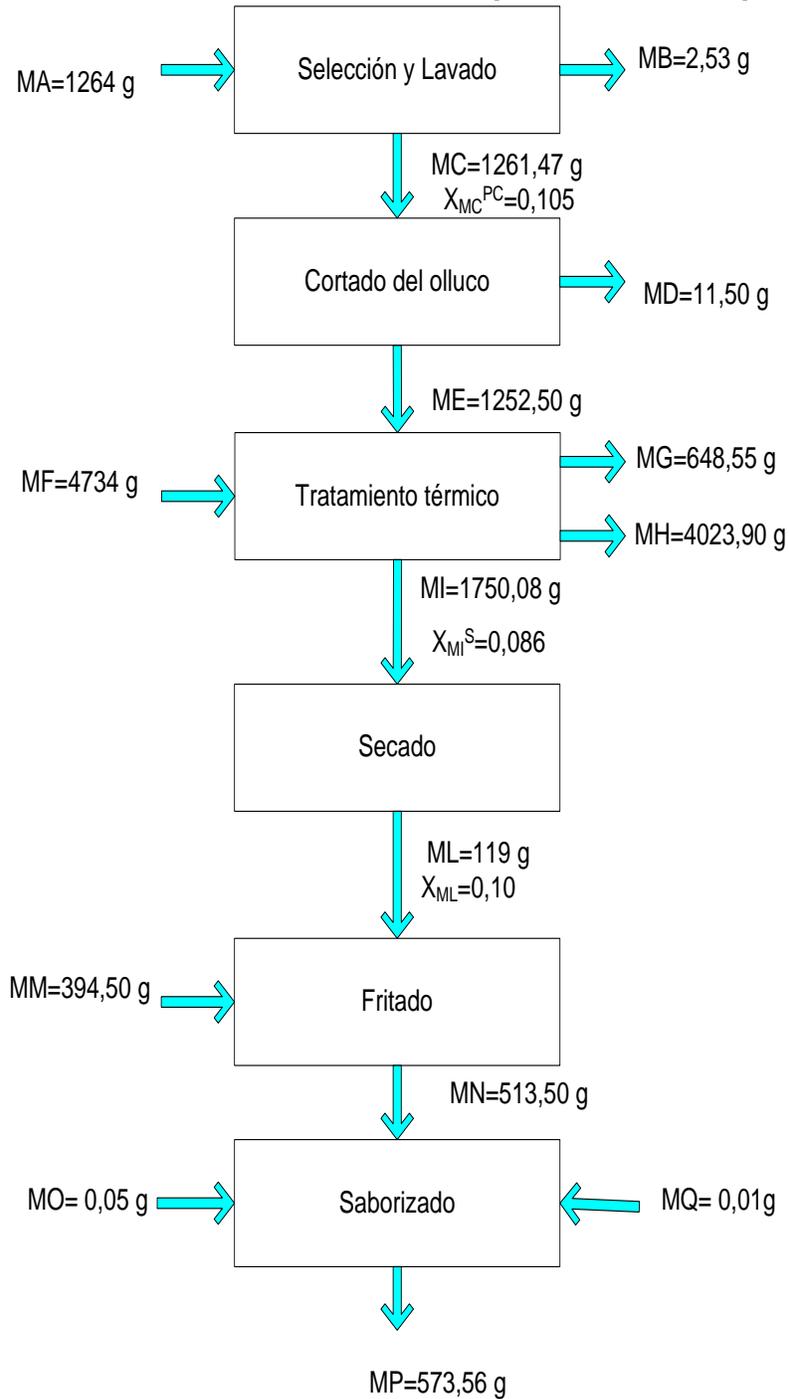
$$MP=(0,01+0,05+513,50)g$$

$$MP=573,56 g$$

#### **4.12 RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENER CHIPS DE OLLUCO**

En la figura 4.27, muestra el resumen general del balance de materia para obtener chips de olluco.

**Figura 4.27**  
**Balance resumen del balance de materia para obtener chips de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

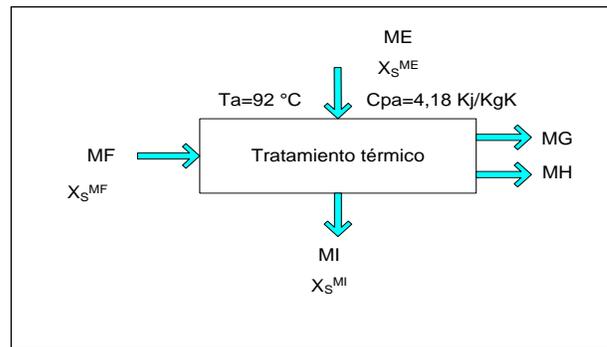
### 4.13 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO PARA OBTENER CHIPS DE OLLUCO

El balance de energía, se realizó en el proceso de tratamiento térmico y secado de las muestras de olluco.

#### 4.13.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

La figura 4.28, muestra el balance de energía en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de olluco.

**Figura 4.28**  
**Balance de energía en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

El balance de energía viene dado por la ecuación 4.32 citado por (Valiente, 1994).

$$Q_g = m \cdot C_p \cdot \Delta T + \lambda \cdot V \quad \text{(Ecuación 4.32)}$$

Desarrollando la ecuación 4.32, en función de los elementos que intervienen en el proceso de tratamiento térmico (recipientes de acero inoxidable y muestras de olluco), tenemos la ecuación 4.33 citada por (Quisbert, 2013).

$$Q_g = m_o \cdot C_{p_o} + m_M \cdot C_{p_M} \cdot (T_f - T_i) + \lambda \cdot m_{AE} \quad \text{(Ecuación 4.33)}$$

**Donde:**

$Q_g$  = Calor que se requiere en el tratamiento térmico (Kcal)

$m_o$  = Masa del recipiente de acero inoxidable (Kg)

$C_{p_o}$  = Calor específico del acero inoxidable (Kj/Kg\*°K)

$m_M$  = Masa de las muestras de olluco (Kg)

$C_{p_M}$  = Calor específico de las muestras de olluco (Kj/Kg\*°K)

$T_f$  = Temperatura final (°K)

$T_i$  = Temperatura inicial (°K)

$\lambda$  = Calor latente de vaporización del agua (Kj/Kg)

$m_{AE}$  = Masa del agua evaporada (Kg)

Para determinar el calor específico de las muestras de olluco, se tomó en cuenta la ecuación 4.34 citado por (Quisbert, 2013).

$$C_{p_z} = X_a * C_{p_a} + X_c * C_{p_c} + X_p * C_{p_p} + X_g * C_{p_g} + X_{ce} * C_{p_{ce}} \quad \text{(Ecuación 4.34)}$$

**Donde:**

$X_a$  = Fracción de la masa de agua

$C_{p_a}$  = Calor específico del agua (Kj/Kg°K)

$X_c$  = Fracción de la masa de los carbohidratos

$C_{p_c}$  = Calor específico de la agua (Kj/Kg°K)

$X_p$  = Fracción de la masa de las proteínas

$C_{p_p}$  = Calor específico de la agua (Kj/Kg°K)

$X_g$  = Fracción de la masa de las grasas

$C_{p_g}$  = Calor específico de la agua (Kj/Kg°K)

$X_{ce}$  = Fracción de la masa de las cenizas

$C_{p_{ce}}$  = Calor específico de la agua (Kj/Kg°K)

**De acuerdo a datos tenemos:**

$X_a = 0,8785$  (tabla 4.4)

$$C_{p_a} = 4.18 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$X_c = 0,0986 \text{ (tabla 4.4)}$$

$$C_{p_c} = 1,4 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$X_p = 0,0089 \text{ (tabla 4.4)}$$

$$C_{p_p} = 1,6 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$X_g = 0,0006 \text{ (tabla 4.4)}$$

$$C_{p_g} = 1,7 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$X_{ce} = 0,0074 \text{ (tabla 4.4)}$$

$$C_{p_{ce}} = 0,8 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

**Reemplazando datos en la ecuación 4.34 tenemos:**

$$C_{p_z} = 0,8785 * 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} + 0,0986 * 1,4 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} + 0,089 * 1,6 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} + 0,0006 * 1,7 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} + 0,0074 * 0,8 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} C_{p_z} = 4,02 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}}$$

Para realizar el tratamiento térmico, se utilizó en un recipiente de acero inoxidable de capacidad de 4 Kg y una cantidad de rodajas de olluco de 1,750 g. Para tal efecto, se realizó el cálculo proceso en base a la ecuación 4.35 según (Valiente, 1994).

$$Q_g = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{(Ecuación 4.35)}$$

**Donde:**

$Q_1$  = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,34 Kg de muestra de olluco

$Q_2$  = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,34 Kg de muestra de olluco

$Q_3$  = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,34 Kg de muestra de olluco

$Q_4$ =Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,34 Kg de muestra de olluco

$Q_5$  =Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,05 Kg de muestra de olluco

**Para calcular  $Q_1$  tenemos:**

$$m_o = 0,987 \text{ Kg}$$

$$C_{p_o} = 0,46 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$m_z = 0,34 \text{ Kg}$$

$$C_{p_z} = 3,98 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K}$$

$$T_f = 92 \text{ }^\circ\text{C} = 365 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\lambda = 2278,0 \text{ Kj/Kg} \text{ (Quisbert, 2013)}$$

$$m_{AE} = 0,6485 \text{ Kg}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.33 para  $Q_1$  tenemos:**

$$Q_1 = (0,987 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (0,34 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (365 - 293) \text{ }^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,6485 \text{ Kg})$$

$$Q_1 = 1575,16 \text{ Kj} = 376,47 \text{ Kcal}$$

**Para calcular  $Q_2$  tenemos:**

$$m_o = 0,987 \text{ Kg}$$

$$m_z = 0,34 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,6485 \text{ Kg}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.33 para  $Q_2$  tenemos:**

$$Q_2 = (0,987 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (0,34 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (365 - 293) \text{ }^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,6485 \text{ Kg})$$

$$Q_2 = 1575,16 \text{ Kj} = 376,47 \text{ Kcal}$$

**Para calcular  $Q_3$  tenemos:**

$$m_o = 0,987 \text{ Kg}$$

$$m_z = 0,34 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,6485 \text{ Kg}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.33 para  $Q_3$  tenemos:**

$$Q_3 = (0,987 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (0,34 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (365-293) \text{ °K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,6485 \text{ Kg})$$

$$Q_3 = 1575,16 \text{ Kj} = 376,47 \text{ Kcal}$$

**Para calcular  $Q_4$  tenemos:**

$$m_o = 0,987 \text{ Kg}$$

$$m_z = 0,34 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,6485 \text{ Kg}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.33 para  $Q_4$  tenemos:**

$$Q_4 = (0,987 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (0,34 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (365-293) \text{ °K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,6485 \text{ Kg})$$

$$Q_4 = 1575,16 \text{ Kj} = 376,47 \text{ Kcal}$$

**Para calcular  $Q_5$  tenemos:**

$$m_o = 0,987 \text{ Kg}$$

$$m_z = 0,05 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,095 \text{ Kg}$$

**Reemplazando en la ecuación 4.33 para  $Q_5$  tenemos:**

$$Q_5 = (0,987 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (0,05 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot \text{°K}}) + (365-293) \text{ °K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,095 \text{ Kg})$$

$$Q_5 = 231,192 \text{ Kj} = 55,256 \text{ Kcal}$$

**Reemplazando datos en la ecuación 4.33 tenemos:**

$$Q_g = (376,47 + 376,47 + 376,47 + 376,47 + 55,256) \text{ Kcal}$$

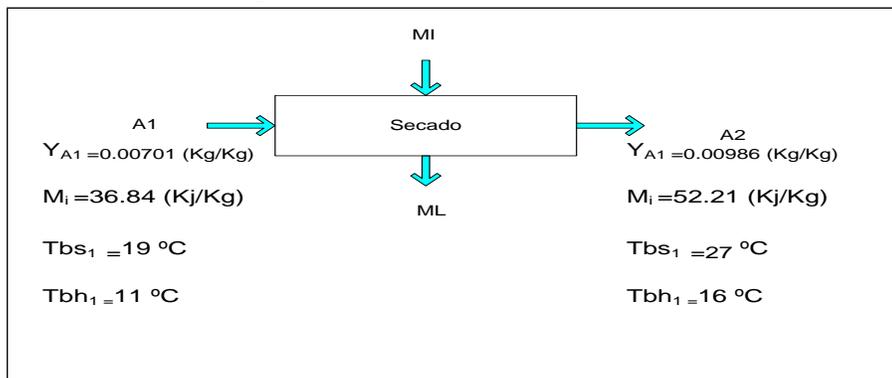
$$Q_g = 1561,13 \text{ Kcal}$$

El calor necesario que se requiere en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de olluco es de 1561,13 Kcal para 1252,50 Kg de muestras de olluco.

#### 4.13.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SECADO

La figura 4.29, muestra el diagrama de bloques del balance de energía en el proceso de secado para obtener chips de olluco.

**Figura 4.29**  
**Balance de energía en el proceso de secado de las muestras de olluco**



Fuente: Elaboración propia.

**Balance de materia se detalla en la ecuación 4.34:**

$$MI + A_1 = ML + A_2 \text{ (Ecuación 4.34)}$$

**Balance combinado de materia-energía en el proceso de secado según (Valiente, 1994) se lo detalla en la ecuación 4.34:**

$$MI H_{MI} + A_1 H_{A1} = ML H_{ML} + A_2 H_{A2} - Q_P \text{ (Ecuación 4.35)}$$

**Considerando un sistema abierto tenemos:**

$$m_{SS} = MI = ML \quad \text{Cantidad de materia seca (Kg)}$$

$$A = A_1 = A_2 \quad \text{Cantidad de aire (Kg)}$$

La cantidad de materia seca ( $m_{SS}$ ) es de 119 g (base a 1750,08 g de la muestra de olluco)

**Reemplazando variables en la ecuación 4.35 tenemos:**

$$m_{SS}H_{MI} + A_1 H_{A1} = m_{SS} H_{ML} + A_2 H_{A2} - Q_P \quad \text{(Ecuación 4.36)}$$

**Ordenando las variables de la ecuación 4.35 tenemos:**

$$m_{SS}H_{MI} - m_{SS}H_{ML} = A H_{A2} - A H_{A1} - Q_P \quad \text{(Ecuación 4.37)}$$

**Factorizando  $Q_P$  tenemos:**

$$Q_P = A (H_{A2} - H_{A1}) - m_{SS} (H_{MI} - H_{ML}) \quad \text{(Ecuación 4.38)}$$

**Tenemos:**

$Q_P$  = Calor necesario para deshidratar las muestras de olluco (Kcal)

A = Cantidad de aire (Kg)

$H_{A2}$  = Entalpía del aire a la salida del secador (Kj/Kg)

$H_{A1}$  = Entalpía del aire a la entrada del secador (Kj/Kg)

$m_{SS}$  = Cantidad de materia seca (Kg)

$H_{MI}$  = Entalpía del alimento (Kj/Kg)

$H_{ML}$  = Entalpía del producto (Kj/Kg)

Para obtener el  $H_{MI}$  y  $H_{ML}$  tenemos la ecuación 4.38 y ecuación 4.39 citada por (Ramirez, 2011).

$$H_{MI} = (C_{pz} + X_{MI} * C_{p_{agua}}) T_{HMI} + H_0 \quad \text{(Ecuación 4.39)}$$

$$H_{ML} = (C_{p_{ML}} + X_{ML} * C_{p_{agua}}) T_{HML} + H_0 \quad \text{(Ecuación 4.40)}$$

**Dónde:**

$C_{pz}$  = Calor específico del alimento (Kj/Kcal °K)

$X_{MI}$  =Contenido de humedad en base seca del alimento (de sólido seco /Kg sólido seco)

$C_{p_{agua}}$  =Calor específico del agua (Kj/Kcal °K)

$T_{HMI}$  =Temperatura del alimento en la entrada del secador (°K)

$C_{p_{ML}}$  =Calor específico del producto (Kj/Kcal °K)

$X_{ML}$  =Contenido de humedad en base seca del producto (/kg de solido seco)

$T_{HML}$  =Temperatura del producto en la salida del secador (°K)

Para determinar el calor especifico del producto ( $C_{p_{ML}}$ ), se tomó en cuenta la ecuación 4.41 citada por (Lewis, 1993).

$$C_{p_{ML}} = x_a * C_{p_a} + x_s * C_{p_s} \quad \text{(Ecuación 4.41)}$$

**Dónde:**

$x_a$  = Fracción de masa de agua

$C_{p_a}$  =Calor específico del agua (Kj/Kcal °K)

$x_s$  =Fracción de masa de los sólidos

$C_{p_s}$  =Calor específico de los sólidos (Kj/Kcal °K)

**Tenemos:**

$x_a = 0,05$  extraído del Anexo A.2.10

$C_{p_a} = 4,18$  Kj/Kcal °K extraído (Lewis, 1993)

$x_s = 0,95$

$C_{p_s} = 1,46$  Kj/Kcal °K extraído (Lewis, 1993)

**Reemplazando datos en la ecuación 4.41 tenemos:**

$$C_{p_{ML}} = 0,05 * 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + 0,95 * 1,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$C_{p_{ML}} = 1,60 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

**Tenemos:**

$$C_{p_z} = 3,98 \text{ Kj/Kcal } ^\circ\text{K}$$

$$X_{MI} = 19,42 \text{ Kg agua/Kg s\u00f3lido seco extra\u00eddo de la tabla D6 (Anexo D)}$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 4,18 \text{ Kj/Kcal } ^\circ\text{K}$$

$$T_{HMI} = 19 \text{ }^\circ\text{C} = 292 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$C_{p_{ML}} = X_{MI} = 1,60 \text{ Kg agua/Kg}$$

$$X_{ML} = 0,04 \text{ Kg agua/Kg s\u00f3lido seco extra\u00eddo de la tabla D6 (Anexo D)}$$

$$T_{HML} = 65 \text{ }^\circ\text{C} = 338 \text{ }^\circ\text{K}$$

**Reemplazando los datos en la ecuaci\u00f3n 4.41 tenemos:**

$$H_{MI} = \left[ 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + \left( 19,42 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg s\u00f3lido seco}} * 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \right) \right] * 292 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$H_{MI} = 24865,43 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

**Reemplazando los datos en la ecuaci\u00f3n 4.39 tenemos:**

$$H_{ML} = \left[ 1,60 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + \left( 0,04 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg s\u00f3lido seco}} * 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \right) \right] * 338 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$H_{ML} = 597,31 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

**Tenemos:**

$$A = 809,20 \text{ Kg de aire seco}$$

$$H_{A1} = 36,84 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \text{ extra\u00eddo de la tabla 4.26}$$

$$H_{A2} = 52,21 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \text{ extra\u00eddo de la tabla 4.26}$$

$$m_{SS} = 119 \text{ g}$$

$$H_{MI} = 24865,43 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$H_{ML}=597,31 \frac{Kj}{Kg}$$

**Reemplazando datos en la ecuación 4.38 tenemos:**

$$Q_P= 80,9 \text{ kg} \left( 52,21 \frac{Kj}{Kg} - 36,84 \frac{Kj}{Kg} \right) - 0,119 \text{ Kg} (24865,43 - 597,31) \frac{Kj}{Kg}$$

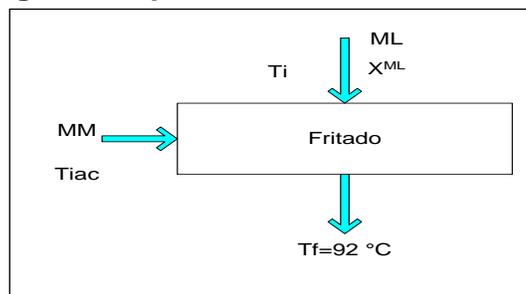
$$Q_P= 9549,49 \text{ Kj} \longrightarrow 2282,38 \text{ Kcal}$$

El calor necesario que se requiere en el proceso de secado de las muestras de olluco es de 2282,38 Kcal para 1750,08 g de olluco.

#### 4.13.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE FRITURA

La figura 4.30, muestra el diagrama de bloques del balance de energía en el proceso de fritado para obtener chips de olluco.

**Figura 4.30**  
**Balance de energía en el proceso de fritado de las muestras de olluco**



**Fuente:** Elaboración propia.

**a) Calentamiento de las chips de olluco es de 5 °C a 70°C, donde la ecuación 4.42 es dada según (Valiente, 1994).**

$$C_p= X_{hidr}*(0,1919)+ X_{prot}*(0,131)+ X_{grasa}*(0,0845)+ X_{ceniza}*(0,0491)+ X_{agua}*(0,5435)$$

**(Ecuación 4.42)**

**b) Reemplazando los datos de la tabla 4.8 en la ecuación 4.42, tenemos:**

$$C_p=9,86(0,1919)+1,10(0,131)+0,10(0,0845)+0,80(0,0491)+16,3(0,5435) \quad C_p=10,94J/kg^{\circ}C$$

La ecuación 4.44 es dada por (Valiente, 1994).

$$Q = mC_p\Delta T \text{ (Ecuación 4.43)}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 4.43, tenemos:

$$Q = 1,264 \text{ kg}(10.94 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})(70-5)^\circ\text{C} \quad Q = 898,83 \text{ kJ} \rightarrow 214.82 \text{ Kcal}$$

c) Pérdidas por evaporación a 92°C:

$$Q = m\lambda \text{ (Ecuación 4.44)}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 4.44, tenemos:

$$Q = 0.5135 \text{ kg} (2257,06 \text{ kJ/kg}) \quad Q = 1159 \text{ kJ} \longrightarrow 277 \text{ Kcal}$$

d) Para el calentamiento de aceite de 20°C a 92°C la ecuación 4.45 es dada por (Valiente, 1994).

$$C_p = 1,424 \cdot X_{\text{cho}} + 1,549 \cdot X_{\text{prot}} + 1,675 \cdot X_{\text{grasa}} + 0,837 \cdot X_{\text{ceniza}} + 4,187 \cdot X_{\text{agua}} \text{ (Ecuación 4.45)}$$

Reemplazando los datos según (Martínez, 2011) en la ecuación 4.45, tenemos:

$$C_p = 1,424(0) + 1,549(0) + 1,675(0,999) + 0,837(0) + 4,187(0,001)$$

$$C_p = 1,68 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

La ecuación 4.46 es dada por (Valiente, 1994).

$$Q = mC_p\Delta T \text{ (Ecuación 4.47)}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 4.47, tenemos:

$$Q = 0,02 \text{ kg}(1,68 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})(92-20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 2,41 \text{ kJ} \longrightarrow 0,57 \text{ Kcal}$$

La energía total en el proceso es frito es:

$$Q = 214,82 \text{ Kcal} + 277 \text{ Kcal} + 0,57 \text{ Kcal}$$

$$Q = 518,57 \text{ Kcal}$$

**La ecuación 4.48 citados por (Valiente, 1994), expresa el calor total para obtener chips de olluco:**

$$Q_t = Q_g + Q_p \text{ (Ecuación 4.48)}$$

**Reemplazando los datos en la ecuación 4.48, tenemos:**

$$Q_t = 1561,16 \text{ Kcal} + 2282,38 \text{ Kcal} + 518,57 \text{ Kcal}$$

$$Q_t = 4362,11 \text{ Kcal.}$$