

1.1. ANTECEDENTES

Las barras energéticas (barras de cereal), son un suplemento alimenticio y están constituidas por una serie de cereales las cuales son muy importantes por su excelente aporte de energía en base a su contenido en hidratos de carbono, además de aportar fibra; también aporta proteínas, y en algunos casos minerales. Las barras energéticas además de cereales llevan leguminosas y/o frutos secos (Viviat, 2010).

Aunque últimamente, las barras energéticas tienen un sinfín de componentes además de los mencionados anteriormente como ser: chocolate coco rallado gelatina y yogur (Viviat, 2010).

Así mismo, debido a las características que tienen o que deben tener las barras energéticas se utilizaran los cereales como arroz, avena y okara (bagazo de soya) para darle mayor valor agregado al producto (barras energéticas). La soya, se cultiva en gran cantidad en toda Asia, y Oeste de África. En Europa, se cultiva por vía de ensayo, con éxito. Estados Unidos produce la mitad de toda la producción mundial, pero a pesar de ello, el consumo de soya es todavía muy bajo en los países de Occidente. En las últimas décadas los investigadores están descubriendo cada vez mayor número de propiedades curativas en este alimento. Esto ha hecho que ahora empiece a ser más apreciada por la población occidental, aunque con tres mil años de retraso respecto a la población oriental (Páscale, 2004).

En la tabla 1.1, se muestra los principales productores de soya en el mundo, en donde Bolivia es el octavo productor a nivel mundial (Páscale, 2004).

Tabla 1.1
Principales productores de soya en el mundo

Principales Productores de Soya - 2009 (Millones de Toneladas)	
 Estados Unidos	96,10
 Brasil	61,60
 Argentina	52,50
 China	15,40
 India	10,10
 Paraguay	6,90
 Canadá	3,60
 Bolivia	2,70

Fuente: FAO, 2011

El cultivo de soya en Bolivia se concentra principalmente en el departamento de Santa Cruz; el cual abarca la zona integrada (San Pedro, Yapancañi, Okinawa, Santa Cruz Central y Santa Cruz Sur); y la zona de expansión (Pailón Central, Sur y Norte; Tres Cruces y San José). En la región de Gran Chaco y O'Connor del departamento de Tarija, también existen cultivos de soya pero en menor proporción que el oriente, pero a nivel nacional es el segundo productor de soya (INE, 2008).

En la tabla 1.2, se muestra los principales productores y la cantidad de producción de soya en Bolivia.

Tabla 1.2
Principales departamentos productores de soya en Bolivia

Departamento	Superficie (Hectáreas)	Producción (Toneladas Métricas)
Santa Cruz	832,098	1219,278
Tarija	1,264	2,687

Fuente: INE, 2008

Debido a las características nutricionales y a la mayor cantidad de producción de soya en Bolivia, se elaboran productos como la leche de soya de la cual obtenemos la okara o pulpa de soya. Es una pulpa blanca o amarillenta formada por las partes de insolubles de la soya que quedan en el filtro cuando las semillas trituradas, se filtran para producir leche de soya.

La avena es un cereal muy importante ocupa el quinto lugar a nivel mundial, siendo el cereal de invierno de mayor importancia del hemisferio norte (GTRA, 2009).

En Bolivia, existe una gran producción de avena a nivel nacional, en los departamentos de: Cochabamba, Oruro, Potosí y Santa Cruz, pero el cultivo se concentra principalmente en el departamento de La Paz; En el departamento de Tarija, también existen cultivos de avena pero en menor proporción (INE, 2008).

En la tabla 1.3, se muestra la cantidad de producción de avena en el departamento de Tarija.

Tabla 1.3
Producción de avena en el departamento de Tarija

Departamento	Superficie (Hectáreas)	Producción (Toneladas Métricas)
Tarija	259	248

Fuente: INE, 2008

Así mismo el arroz, es un alimento consumido por la mayoría de las familias bolivianas al igual que el maíz, trigo y papa. Porque el arroz se consume en 9 de cada 10 hogares bolivianos, tanto en los de condición humilde como de ingresos elevados (El arroz, 2011).

Porque alrededor de 72 mil familias trabajan con el cultivo de arroz desde la producción hasta la comercialización (El arroz, 2011).

En los últimos 30 años la superficie cultivada con arroz ha crecido, ya que en la década del 70' se cultivaba 50 mil hectáreas y en el 2008 se supera las 140 mil hectáreas, en los últimos cinco años. La cantidad de arroz producido en las tres últimas décadas, pasó de menos de 100 mil toneladas a más de 350 mil toneladas, en algunos años por las buenas condiciones de humedad y la

ampliación de la superficie, se logró superar las 400 mil toneladas tomando en cuenta solo el arroz producido en secano (El arroz, 2011).

En la tabla 1.4, se muestra la cantidad de producción de arroz en el departamento de Tarija.

Tabla 1.4
Producción de arroz en el departamento de Tarija

Departamento	Superficie (Hectáreas)	Producción (Toneladas Métricas)
Tarija	953	1437

Fuente: INE, 2008

1.2. JUSTIFICACIÓN

- El presente trabajo surge como una alternativa para elaborar un producto novedoso que no solo organolépticamente sea agradable; sino que nutricionalmente sea asimilable para los consumidores que prefieren lo natural. Para lo cual aprovecharemos al máximo todas las propiedades nutritivas de las materias primas como ser okara, avena y arroz.
- A pesar de la gran producción y diversidad de cereales en nuestro país, el consumo de los mismos es limitado; debido a la falta de información, costumbres o cultura, de los beneficios, que tienen en la dieta alimentaria. El cereal más consumido en nuestro país es el trigo, en forma de harina refinada lo cual es utilizado en la elaboración de pan, galletas y pastas. Por lo tanto, el aprovechamiento de sus propiedades, es incompleto ya que el trigo al pasar por el proceso de refinado pierde componentes importantes como ser la fibra, minerales y vitaminas.

- Con el presente trabajo, se pretende obtener un producto rico en fibra dietética proveniente del okara y avena para personas que padecen constipación o estreñimiento; ya que la fibra ayuda a reducir los problemas digestivos, reduce el colesterol y previene el cáncer del colon.
- La finalidad de este trabajo es darle valor agregado a la okara y cereales de mayor producción en Bolivia, como ser avena y arroz con el propósito de aumentar el porcentaje de consumo de los mismos.
- La mayoría de las personas no incluye cereales y leguminosas en sus comidas. Por lo tanto, con este trabajo de investigación, se pretende obtener un producto que este destinado al consumo de adultos y niños; principalmente como alimento para el desayuno, ya que estos productos no necesitan refrigeración son fáciles de consumir y transportar, es ideal para el consumo de los niños debido a que son dulces y agradables.

1.3. OBJETIVOS

Los objetivos a ser desarrollados en el presente trabajo son:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar barras energéticas con okara, avena y arroz mediante el proceso de mezclado para obtener un producto con un alto valor nutricional y energético.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición fisicoquímica y microbiológica de la okara para obtener un producto de calidad.
- Determinar la cantidad de okara, avena y azúcar con finalidad de cuantificar el porcentaje de dosificación del producto.
- Determinar el porcentaje de humedad que debe tener el producto final, para verificar el porcentaje de pérdida de agua.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto terminado con la finalidad de cuantificar su calidad.
- Realizar el balance de materia y energía como medida de control del procedimiento empleado para la elaboración del producto.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál será la dosificación necesaria de materia prima y el método de mezclado adecuada, para obtener un producto con alto valor nutricional y energético?

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Mediante la dosificación y mezclado adecuado de okara, avena y arroz se podrá obtener un producto con un alto valor nutricional y energético.

2.1. ORIGEN DE LA SOYA

De origen asiático, la soya cultivada (*Glycine max*) es nativa del este asiático, probablemente originaria del norte y centro de China. Hacia el año 3000 A.C. Los chinos ya consideraban a la soya como una de las cinco semillas sagradas. Su producción estuvo localizada en esa zona hasta después de la guerra chino-japonesa (1894-1895), época en que los japoneses comenzaron a importar tortas de aceite de soya para usarlas como fertilizantes. Es el alimento fuerte de los pueblos del oriente (Wikipedia, 2010).

En La India se la promocionó a partir de 1935. Las primeras semillas plantadas en Europa provenían de China y su siembra se realizó en el Jardín des Plantes de París en 1740. Años más tarde (1765) se introdujo en América (Georgia, Estados Unidos) desde China, vía Londres. Sin embargo, no fue hasta la década del 40 donde se produce la gran expansión del cultivo en ese país, liderando la producción mundial de soya a partir de 1954 hasta la actualidad (Wikipedia, 2010).

En Japón se dice: "El que tiene soya, posee carne, leche y huevo". Ha servido de alimento a los paracaidistas alemanes, en forma de tabletas durante la segunda guerra mundial y su uso está generalizado en Estados Unidos y en el Brasil. Actualmente Estados Unidos es el primer productor mundial de soya. En Brasil fue introducida en 1882, pero su difusión se inició a principios del siglo XX y la producción comercial comenzó también en la década de los 40, constituyéndose en la actualidad en el segundo productor mundial de grano de soya (Páscale, 2004).

Estados Unidos, Brasil, Argentina e India son los países que lideran dicha producción en la actualidad (Páscale, 2004).

2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE SOYA

Según (Wikipedia, 2010), la descripción de la planta de soya, se detalla a continuación:

- a) **Tallo.-** El tallo es rígido y recto. La soya varía de acuerdo a su variedad en crecimiento, hábito, y altura. Puede crecer desde 20 cm hasta 2 metros de altura.
- b) **Hojas.-** Las hojas son trifoliadas, que tienen 3 a 4 prospectos por hoja, y los prospectos son de 6–15 cm de longitud y de 2–7 cm de ancho. Las hojas caen antes de que las semillas estén maduras.
- c) **Flor.-** Las flores grandes, nacen en la axila de la hoja y son blancas, rosas o púrpuras.
- d) **Fruto.-** El fruto es una vaina pilosa que crece en grupos de 3–5, cada vaina tiene 3–8 cm de longitud y usualmente contiene 2–4 semillas de 5–11 mm de diámetro.
- e) **Semilla.-** La soya es una leguminosa y su semilla madura es un grano de forma casi esférico que está recubierto por un tegumento fino (cáscara) que representa menos del 8% de su peso y contienen altos niveles de proteína.

La cáscara de la semilla de colores, negra, marrón, azul, amarillo, verde y abigarrado. La cáscara del poroto maduro es duro, resistente al agua, y protege al cotiledón e hipocotíleo (germen) de daños. Si se rompe la cubierta de la semilla, ésta no germinará.

2.1.3. VARIEDADES DE SOYA

El grano puede ser blanco, amarillo subiendo a tono negro; y estriado (de dos colores), combinándose estos en todas las tonalidades. El color del hilio del grano puede ser desde el amarillo leonado hasta el negro (Wikipedia, 2010).

En el departamento de Tarija, provincia Gran Chaco, se cuenta con las características agronómicas de las variedades cultivadas (GRTA, 2009), como ser:

- **Variedad Emgopa**

La semilla es de color amarillo, su hilio color café, de forma oval esférica, presenta una flor de color purpura y una pubescencia.

- **Variedad Cristalina**

La semilla es de color amarillo, el hilio color café claro, de forma oval, presenta una flor de color lila y pubescencia de color ceniza. El ciclo vegetativo es de 145 días y su floración es de 64 días.

- **Variedad Ocepar 9**

La semilla es de color amarillo, el hilio de color negro, de forma oval, presenta una flor de color blanca y pubescencia de color ceniza. El ciclo vegetativo es de 137 días y su floración es de 57 días.

- **Variedad Uirapuru**

La semilla es de color amarillo, el hilio de color café, de forma oval, presenta una flor de color lila y pubescencia de color café. El ciclo vegetativo es de 150 días y su floración es de 61 días.

2.1.4. LA SOYA COMO MATERIA PRIMA

Debido a sus propiedades funcionales, su abundancia y su bajo costo, la aceptación de la proteína de soya crece constantemente en la industria alimentaria (Páscale, 2004).

Según (Páscale, 2004), el aceite de soya figura entre los más recomendables para la nutrición. Tiene un porcentaje mínimo de ácidos grasos saturados, y un alto porcentaje de poli insaturados, con una relación entre ellos casi ideal; 55% de linoleico y 7% de linolénico.

Así de esta manera, se da diferentes tipos de uso a la soya como ser en la elaboración de lecitina de soya, tofu, miso, tempeh, salsa de soya y leche de soya de la cual se obtiene la okara o pulpa residual a la que también, se le da diferentes usos como ser en la elaboración de milanesas de soya y barras energéticas (Páscale, 2004).

2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE SOYA

La soya es un alimento muy rico en proteína, contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para la formación y mantenimiento de los tejidos del cuerpo humano adulto; y es la más completa de todas las fuentes proteicas vegetales, asemejándose a fuentes proteicas animales de alta calidad que necesita el cuerpo humano (Páscale, 2004).

Se demostró que el consumo diario de aproximadamente 25g de proteína de soja incluida en una dieta balanceada de individuos adultos puede reducir el riesgo de enfermedades cardiacas provocadas por el colesterol y puede prevenir la aparición de cáncer del colon y mama. Algunos derivados de ésta, se consumen en sustitución de productos cárnicos ya que su proteína es de muy buena calidad; casi comparable a la de la carne. Las proteínas más completas, es decir, con todos los aminoácidos necesarios, se suelen encontrar en los alimentos de origen animal. Sin embargo, la soja aporta los ocho aminoácidos esenciales en la edad adulta, aunque el aporte de metionina es algo escaso, pero se puede solucionar fácilmente añadiendo cereales, huevos o lácteos en la alimentación diaria (Páscale, 2004). En la tabla 2.1, se muestra la composición fisicoquímica del grano de soja.

Tabla 2.1
Composición fisicoquímica del grano de soja

	Proteína (%)	Aceite (%)	Hidratos de Carbono (%)	Cenizas (%)
Grano Entero	40	21	34	4,9

Fuente: Páscale, 2004

2.2.1. OKARA

Okara, es el nombre que se le da a la pulpa residual obtenida una vez que se filtra los granos de soja molido mezclado con agua para obtener la leche de soja. Es de color beige claro; formada por las partes insolubles de la soja que quedan en el filtro y tiene una textura grumosa fina, constituye la fibra dietética vegetal de la soja (Gamboa, 2007).

La fibra de la okara está constituida por los carbohidratos de las capas externas de la soja, pasa sin cambios a través del aparato digestivo realizando dos funciones principales: proveer de mayor parte del bolo necesario para los

movimientos intestinales, previniendo el estreñimiento, y absorber toxinas (incluyendo contaminantes ambientales), ayudando a su expulsión del organismo (Gamboa, 2007).

El rendimiento del okara que se obtiene a partir de la leche de soya, es del 30%. Sus características nutricionales resultan interesantes; y por ello es un alimento adecuado para ser incluido en las dietas. La okara, es baja en grasa contiene un 24% de proteína que representa un 17% del contenido proteínico de la soya, es rica en calcio, hierro y riboflavina. Elemento también conocido como vitamina B2, con un papel muy importante para la salud; ya que interviene en numerosos procesos celulares. Presenta un alto contenido en isoflavonas de soya y un alto contenido en fibra insoluble, fibra que mejora el tránsito intestinal (Páscale, 2004).

Contiene entre (76- 80) % de humedad, (20-24) % de sólidos y (3,5 a 4,0) % de proteína. En seco contiene un 24% de proteína en peso, (8 a 15) % de grasa y (12 a 14,5) % de fibra cruda. Contiene el 17% de proteína de las semillas de soya originales (Páscale, 2004).

La okara, se usa habitualmente como pienso para animales; ya que su producción suele exceder la demanda para consumo humano. En los países occidentales la okara se destina habitualmente a la alimentación en las granjas de cerdos y ganado en general, pero una parte se destina a la elaboración de hamburguesas vegetarianas similares a las hamburguesas de carne. Sin embargo, como hemos dicho antes, los estudios realizados sobre las características y propiedades que presenta este derivado de la soya hacen que se tenga más consideración con este ingrediente alimentario (Páscale, 2004).

Esta okara, es el subproducto de la elaboración de la leche de soya a partir de granos enteros, tiene menos proteína que el poroto entero, pero el remanente

es de muy buena calidad. Tiene 8 % de proteína sobre base húmeda o 40% sobre base secas, además tiene un alto contenido de fibra, con sabor similar al del coco y puede ser utilizado en la elaboración de distintos tipos de productos como ser: galletas, panes y barras energéticas ideal para personas que sufren estreñimiento (Páscale, 2004).

2.3. ORIGEN DE LA AVENA

La avena tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada; ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto, y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central, y están datadas de la Edad del Bronce (Román, 2009).

2.3.1. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA DE LA AVENA

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, es una planta autógama y el grado de alogamia rara vez excede el 0,5%. La mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides, siendo la especie *Avena sativa* la más cultivada, seguida de *Avena byzantina*. También, se cultiva la especie avena nuda, conocida como avena de grano desnudo, al desprenderse las glumillas en la trilla. Las características botánicas del grupo de avenas hexaploides son principalmente: la articulación de la primera y segunda flor de la espiguilla, el carácter desnudo o vestido del grano y la morfología de las aristas (Rojas, 2006).

2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE AVENA

Según (Pros, 2009), la planta de avena suele describirse como:

- a) **Raíz.-** Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales.

- b) **Tallo.-** El tallo es grueso y, pero con poca resistencia al vuelco; tiene, en cambio, un buen valor forrajero. La longitud de éstos puede variar de medio metro hasta metro y medio. Están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos.

- c) **Hojas.-** Las hojas son planas y alargadas. En la unión del limbo y el tallo tienen una lígula, pero no existen estipulas. La lígula tiene forma oval y color blanquecino; su borde libre es dentado. El limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos. Los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados.

- d) **Flores.-** Es un racimo de espiguillas de dos o tres flores, situadas sobre largos pedúnculos. La dehiscencia de las anteras se produce al tiempo de abrirse las flores. Sin embargo, existe cierta proporción de flores que abren sus glumas y glumillas antes de la maduración de estambres y pistilos, como consecuencia se producen degeneraciones de las variedades seleccionadas.

- e) **Fruto.-** El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas.

- f) **Semilla.**- Los granos de avena son de aspecto similar a los granos de trigo o de centeno, diferenciándose por estar cubiertos por numerosos tricomas (protuberancias como pelos) el grano de avena está formado por: Pericarpio, cubiertas de la semilla, capa hialina, germen y endospermo. El endospermo feculento de la avena contiene más proteína y aceite, que el de los otros cereales.

La avena de invierno predomina en las zonas con inviernos suaves, no así en inviernos demasiado crudos y las avenas de primavera, con madurez temprana, se cultivan al norte del área de las avenas de invierno. Las variedades de media estación, de madurez tardía, se siembran en las zonas más frías de las regiones templadas (Pros, 2009).

2.3.4 VARIEDADES DE AVENA

Según (Pros, 2009), las variedades de avena suelen ser:

- **Variedad Previsión**

Es una variedad obtenida por selección de una variedad Argentina. Es bastante precoz y con buena resistencia a la sequía. Tiene buena productividad, siendo el grano de color rojo.

- **Variedad Blancanieves**

Es variedad de avena blanca de invierno, obtenida en el INIA de Francia, siendo muy clásica en Europa. Es bastante precoz. Es sensible al frío, resistente al encamado y con producción bastante regular y alta. Es sensible a roya y resistente al carbón. El grano es de color blanco y con un alto peso específico.

- **Avena de primavera**

Fue obtenida en Holanda y es adecuada para siembras de primavera en tierras fértiles. Resiste el encamado, aunque es sensible al frío y muy sensible a la roya amarilla. El grano es de color blanco.

- **Variedad Moyencourt**

Avena de primavera, con grano de color negro y elevado peso específico; fue obtenida en Francia, siendo bastante precoz. Es poco resistente al frío y sensible a roya. Es también sensible al desgrane. Su tallo es de longitud media.

2.3.7. LA AVENA COMO MATERIA PRIMA

El grano de avena, se emplea principalmente en la alimentación del ganado; aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. En menor escala, se emplea como alimento para consumo humano, en productos dietéticos, triturada o molida y para preparar diversos platos, también se mezcla con harina de otros cereales en la fabricación de pan, así como en la fabricación de alcohol y bebidas (Pros, 2009).

2.3.8. VALOR NUTRICIONAL DE LA AVENA

El valor nutricional del grano de avena, es superior al de otros cereales; al ser la avena más rica en aminoácidos esenciales, especialmente en lisina. El contenido en proteínas digestibles del grano de avena, es mayor que en maíz, cebada y trigo (Pros, 2009). En la tabla 2.2, se muestra la composición química del grano de avena en 100g.

Tabla 2.2
Composición química del grano de avena

Componentes	Porcentajes (%)
Hidratos de carbono	58,2
Agua	13,3
Celulosa	10,3
Proteínas	10,0
Materia grasa	4,8
Materias minerales	3,1

Fuente: FAO, 2011

2.3.9. BENEFICIOS DE LA AVENA EN LA DIETA

Según (Pros, 2009), los beneficios de la avena en la dieta suele ser:

- **Proteínas.-** La avena, es única entre los cereales porque el equilibrio de sus aminoácidos es muy bueno desde el punto de vista de la nutrición. Además, el contenido proteico de la avena es, en general, muy superior al que se encuentra en otros cereales. Por esto, en muchos aspectos, la avena es claramente superior a los otros cereales en valor nutritivo.
- **Grasas.-** La avena, contiene grasas insaturadas y ácido linoleico. Estas grasas, a diferencia de las de origen animal, son saludables y necesarias en la dieta humana.
- **Hidratos de carbono.-** Los carbohidratos que aporta este cereal, proporcionan energía durante mucho tiempo.
- **Vitaminas y minerales.-** Entre todos los cereales, la avena es el que más vitaminas y minerales concentrados tiene. Como ser vitaminas E, B1, B2 y minerales como el calcio, hierro, zinc, fósforo; y magnesio están presentes en grandes cantidades.

- **Fibra.-** También posee fibra que, aunque desde el punto de vista nutritivo, resulta menos interesante, ayuda a la buena digestión y reducir el colesterol.

2.4. ORIGEN DEL ARROZ

El origen del arroz comenzó en China, en los valles de los ríos Hang-Ho y Yang-Tse-Kiang, hacia el siglo XV a.C. Se sabe ahora que el arroz, se cultivó a partir de los años 8200-7800 a.C. en Hunan gracias al resultado de los análisis con carbono 14 realizados a granos de arroz descubiertos en cuencos de excavaciones ubicadas en Pengtoushan. Antes, se habían encontrado pruebas del cultivo del arroz, hacia 6000 años a.C., en la provincia de Zhejiang, cerca de Hangzhou (Wikipedia, 2010).

Después de que los árabes lo implantaran en España y de allí en toda Europa. El arroz siguió su camino y “cruzó el charco” para introducirse en el continente americano de manos de Cristóbal Colón, en la segunda mitad del siglo XVI (Wikipedia, 2010).

2.4.3. TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE ARROZ

Según (Wikiteka, 2009), la taxonomía de la planta de arroz suele ser:

- a) Clima.-** Considerándose óptimo entre (30 y 35) °C y por encima de los 40°C no se produce la germinación.
- b) Temperatura.-** La germinación, se realiza entre (10 a 13)°C, El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7°C, considerándose óptimo a los 23°C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen

demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

- c) **Suelo.-** Arenosa a arcillosa.
- d) **El pH.-** Óptimo para el arroz es 6,6.
- e) **Preparación del terreno.-** Con pendientes que no deben sobrepasar el uno por mil, e incluso es preferible nivelar a cero, lo que permite hacer tablas hasta de 15 hectáreas. Al final del invierno, se realiza la labor de alzar con el arado de vertedera.
- f) **Siembra.-** La cantidad de semilla empleada debe dar lugar a un cierto número de tallos/m², después del ahijamiento, que sea el óptimo productivo para cada variedad, y que produzcan espigas que maduren lo más uniformemente posible.

2.4.4. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL ARROZ

El arroz contiene una relativa pequeña cantidad de proteínas (comparada con otros cereales), el contenido de gluten ronda el 7% de peso, comparado con el 12% de los trigos de bajo contenido de proteína. No obstante, el arroz posee más lisina que el trigo, el maíz y el sorgo. El arroz contiene grandes cantidades de almidón en forma de amilosa (que le proporciona cohesión a los granos). El otro contenido de almidón en el arroz, tras la amilosa, es la amilopectina. El arroz limpio, ya desprovisto de su salvado, suele tener menos fibra dietética que otros cereales y por lo tanto más digestivo. El arroz puede ser un alimento de sustento a pesar de su bajo contenido en riboflavina y tiamina. El arroz proporciona mayor contenido calórico y proteínas por

hectárea que el trigo y el maíz. Es por esta razón por la que algunos investigadores han encontrado correlaciones entre el crecimiento de la población así como la expansión de su cultivo (Wikipedia, 2010).

El arroz posee una elevada posición entre los cereales al considerar su aporte energético en calorías así como en proteína, además de su consumo. La biodiversidad le coloca en un 66%, no obstante posee poca proteína comparado con otros cereales (Wikipedia, 2010).

2.4.5. EL ARROZ COMO MATERIA PRIMA

El mayor uso que se le da al arroz como materia prima es en la cocina. En algunas ocasiones se fríe ligeramente en sartenes con aceite vegetal para elaborar una serie de platos denominado arroces fritos. O se le aplica vapor de agua mediante vaporeras y de esta forma se realiza la cocción al vapor. Hoy en día, se emplean en muchos países asiáticos electrodomésticos especializados como la olla arrocera. Las cocinas del sudeste asiático consideran el arroz como un alimento que debe estar presente en las tres comidas diarias (Wikipedia, 2010).

2.5. MIEL DE ABEJA

La miel es el producto azucarado natural elaborado por las abejas (*Apis mellifica* y otras especies) a partir del néctar de las flores y otras exudaciones de las plantas (Madrid, 1966).

La miel de abeja, se compone esencialmente de diferentes azúcares, pero predomina glucosa y fructuosa. Además, de estos monosacáridos contiene proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgánicos, sustancias minerales, polen y otras sustancias; y puede contener sacarosa. El color de la miel varía

desde casi incoloro a pardo oscuro o casi negro. Su consistencia puede ser fluida, viscosa o cristalizada total o parcialmente; el sabor y aroma varían, pero generalmente posee los de las plantas de que procede (Madrid, 1966). En la tabla 2.3, se muestra los azúcares más importantes de la miel de abeja.

Tabla 2.3
Azúcares que componen la miel de abeja

Azúcares	Porcentaje (%)
Fructuosa	38 – 40
Glucosa	34 - 38
Sacarosa	2 - 3

Fuente: Madrid, 1966

2.6. AZÚCAR (SACAROSA)

Con el nombre de azúcar (sacarosa), se designa al producto obtenido industrialmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La sacarosa es un hidrato de carbono, es decir, está compuesto de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno (Madrid, 1966).

La sacarosa o azúcar común es el edulcorante más utilizado universalmente en toda clase de productos alimenticios (helados, bebidas refrescantes, néctares, productos de confitería etc.). Su fórmula empírica es: $C_{12}H_{22}O_{11}$ y su peso molecular 342. Es muy soluble en agua (Madrid, 1966).

2.6.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AZÚCARES

Según (Madrid, 1966), los azúcares se clasifican en los siguientes tipos:

- **Azúcares crudos:** azúcar terciado, azúcar blanquilla, azúcar pile, azúcar granulado.

- **Azúcares refinados:** azúcar refinado, azúcar de pilón, azúcar cortadillo, azúcar cande y azúcar granulado.
- **Otros azúcares:** azúcar invertido, jarabe de fécula, glucosa anhidra, jarabe de maltosa y lactosa.

El azúcar refinado, es el obtenido a partir de un azúcar crudo por refinación (afinado del azúcar bruto, purificación y cristalización) hasta obtener un producto de color blanco brillante que al disolverlo en agua da una solución límpida y de reacción neutra. El azúcar refinado contiene un mínimo del 99,9% de sacarosa (Madrid, 1966).

2.6.2. MANTECA VEGETAL (HIDROGENADO)

Se consideran grasas hidrogenadas alimenticias las obtenidas por saturación selectiva de las grasa naturales comestibles, por hidrogenación catalítica, refinación y eliminación completa del catalizador utilizado (Madrid, 1988).

2.6.3. MARGARINA VEGETAL

Es un alimento en forma de emulsión líquida o plástica, principalmente de grasas y aceites comestibles que no proceden de la leche o solo proceden de ella parcialmente, el producto terminado tiene la característica fundamental de ser una masa ligeramente amarillenta con plasticidad adecuada para su manipulación y apropiados caracteres organolépticos (Madrid, 1988).

2.7. BARRAS ENERGÉTICAS

Las barras energéticas son un suplemento alimenticio o (alimento funcional); llamadas así, porque están constituidos por uno o varios nutrientes. Son

alimentos que son elaborados, no sólo por sus características nutricionales sino también para cumplir una función específica, como puede ser el mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Como es el caso de las barras energéticas que su función principal es la de brindar energía, además de ayudar en la constipación o estreñimiento debido a la cantidad de fibra alimentaria que contiene. Para ello, se les agregan componentes biológicamente activos, como minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia e hidratos de carbono, etc. (Licata, 2010).

Las barras energéticas están elaboradas por una infinidad de tipos de cereales de acuerdo al requerimiento de cada consumidor (Torres, 2009).

2.7.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS

Según (Gamboa, 2007) el proceso de elaboración de barras energéticas son:

- **Recepción**

La recepción de la materia prima, es uno de los aspectos más importantes a considerar en la calidad del producto. Es necesario realizar la recepción en materiales libres de humedad en caso de la materia prima seca para evitar la formación de mohos; se debe hacer un control a materias primas e insumos.

- **Mezclado**

Este proceso se debe dividir en dos etapas. Primero, se debe preparar la mezcla líquida y segundo la mezcla sólida esto con el propósito de obtener una mezcla homogénea.

- **Moldeado**

Esta es una de las etapas más importantes debido a que esta definirá la forma que tendrá el producto final. Por lo tanto, se deberá respetar las especificaciones de la forma del producto.

- **Horneo**

El objetivo de este proceso, es el de evaporar el excedente de agua que hay en la masa y de esta manera cumplir con los requisitos microbiológicos.

- **Enfriamiento y corte**

El enfriamiento, se realiza a temperatura ambiente, una vez obtenida la temperatura optima de 30°C. Es cuando, se realiza el corte con cuchillas que van a darle una forma rectangular de 12 cm de largo, 3cm de ancho y 1 cm de grosor.

- **Envasado**

Se debe envasar las barras energéticas y sellarlas herméticamente para evitar cualquier tipo de contaminación durante el almacenamiento.

3.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo experimental del presente trabajo de investigación *“Elaboración de Barras Energéticas Enriquecidas con Okara Avena y Arroz”*, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Para el desarrollo de la parte experimental del trabajo de investigación, se utilizó diferentes equipos y materiales de acuerdo al requerimiento de cada etapa del proceso de elaboración “Barras energéticas”, los cuales describimos a continuación.

3.2.1. EQUIPOS

Los equipos utilizados en la elaboración de barras energéticas, son:

- **Heladera eléctrica:**

En la figura 3.1, se muestra la heladera eléctrica que fue utilizada para refrigerar las materias primas como ser la okara. Este equipo pertenece al Laboratorio taller de alimentos (LTA); dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Sus especificaciones técnicas son:

Marca	BRASTEN
Industria	Brasileira
Potencia total	¼ HP
Capacidad de temperatura	0-(-10) °C
Tamaño del equipo	Altura = 18 pies

Figura 3.1
Heladera eléctrica



- **Balanza Analítica:**

En la figura 3.2, se muestra la balanza analítica que fue utilizada para el pesado de la materia prima e insumos; como también el producto final. Este equipo, se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Sus especificaciones técnicas son:

Industria	Switzerland
Marca	MEHLET TOLEDO
Modelo	PB 1502
Precisión	0,01 g
Error	0,10 g
Capacidad máxima	1510 g
Capacidad mínima	0,50 g

Figura 3.2
Balanza analítica



- **Horno semi-industrial:**

En la figura 3.3, se muestra el horno semi-industrial a gas licuado de petróleo (GLP) que fue utilizado para la cocción del producto final. Sus especificaciones técnicas son:

Marca	MASTER
Industria	Boliviana
Capacidad de producción	12 kg/hr
Capacidad de las bandejas	2 bandejas (44 x 48 cm)

Figura 3.3
Horno semi-industrial



- **Cocina a gas:**

En la figura 3.4, se muestra la cocina a gas licuado (GLP) que fue utilizada para realizar el mezclado en caliente de insumos. La misma, se encuentra en el Laboratorio taller de alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Sus especificaciones técnicas son:

Marca	METALFER
Industria	Boliviana
Material	Acero inoxidable
Tamaño del equipo	Altura = 85 cm
	Ancho = 80 cm
	Profundidad = 45 cm

Figura 3.4
Cocina a gas



3.2.2. MATERIALES DE LABORATORIO

En la tabla 3.1, se muestra el detalle de los materiales de laboratorio utilizados en la elaboración de barras energéticas enriquecidas con okara, avena y arroz.

Tabla 3.1
Materiales utilizados en la elaboración de barras energéticas

Descripción	Cantidad	Calidad	Capacidad
Recipiente	1	Acero inoxidable	3000 ml
Recipientes	3	Plástico	600 ml
Botes	2	Plástico	300 ml
Olla	1	Acero inoxidable	1000 ml
Papel	1	Estañado	10 m
Paletas	2	Madera	Mediana
Cucharas	2	Acero inoxidable	-
Bandejas	2	Metal	-
Moldes	5	Metal	3x10x1cm
Cronometro	1	Digital	-
Termómetro	1	Vidrio/Hg	0-200°C
Frasco	1	Vidrio	360ml
Tijera	1	Plástico/metálica	Mediana

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. MATERIAS PRIMAS

En la figura 3.5, se muestra la Okara de soya adquirida de la empresa El Rancho de la ciudad de Tarija; utilizada en el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.5
Materia prima (Okara)



En la figura 3.6, se muestra la avena marca (Quaker) de industria argentina; utilizada en el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.6
Materia prima (avena)



En la figura 3.7, se muestra el arroz inflado adquirido del Mercado Central de Tarija; utilizada en el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.7
Materia prima (arroz)



3.2.4. INSUMOS ALIMENTICIOS

En la figura 3.8, se muestra la miel de abeja marca (Flores del Campo) del Valle de Tarija; utilizado en el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.8
Insumos (miel de abeja)



En la figura 3.9, se muestra la manteca vegetal marca (Regia) de industria argentina; utilizado en el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.9
Insumos (manteca vegetal)



En la tabla 3.2, se muestra las características de insumos alimenticios utilizados en la elaboración de barras energéticas enriquecidas con okara, avena y arroz.

Tabla 3.2
Insumos utilizados en la elaboración de barras energéticas

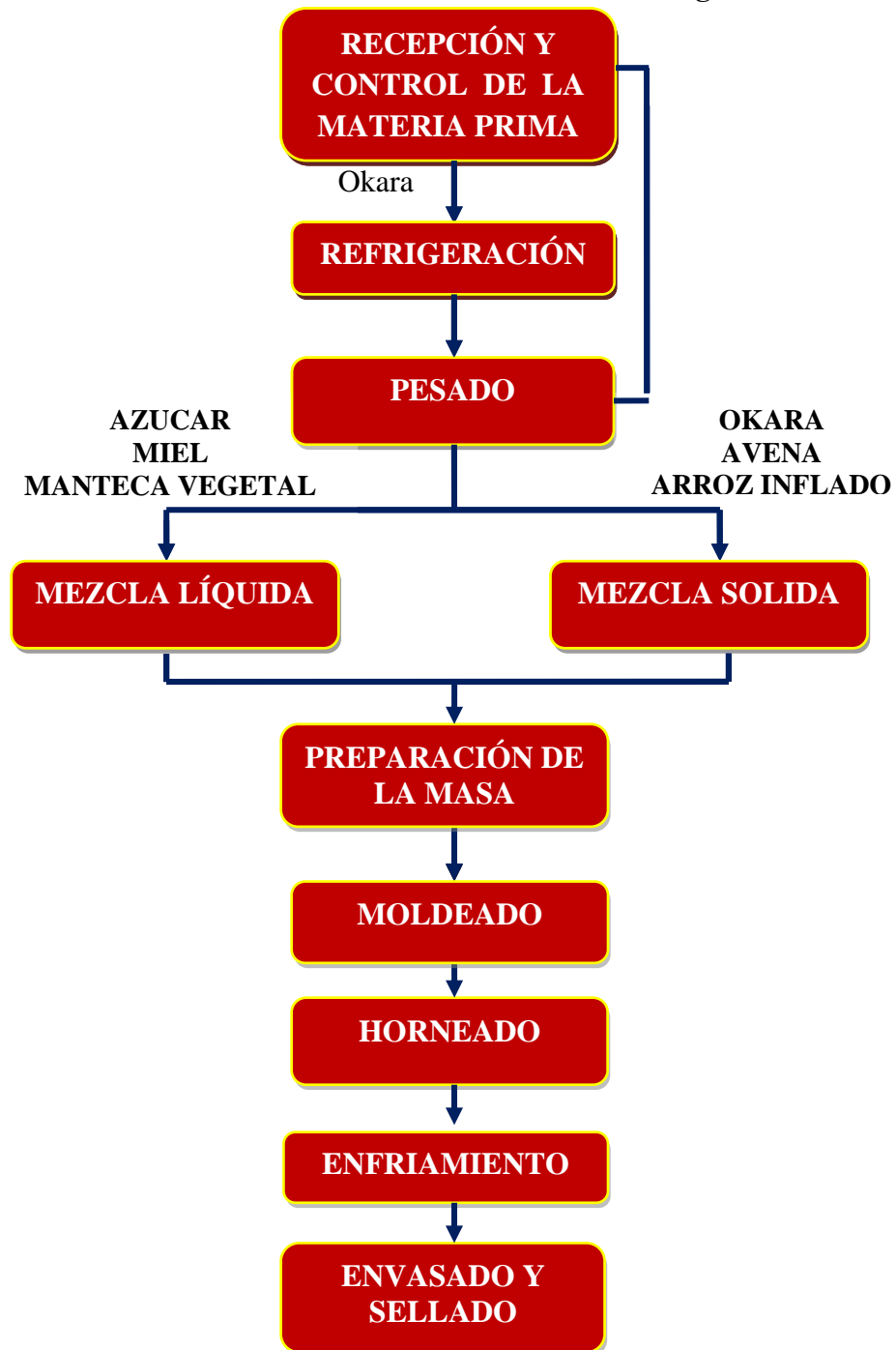
Insumos	Marca	Procedencia	Industria
Azúcar	IBA-SA	Bermejo	Boliviana
Miel de abeja	Flores del Campo	Del Valle	Boliviana

Fuente: Elaboración propia

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS

El diagrama de bloques que se muestra en la figura 3.10, representa el proceso de elaboración de barras energéticas.

Figura 3.10
Proceso de elaboración de “barras energéticas”



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. DESCRIPCIÓN NARRATIVA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

- **Recepción y control de la materia prima**

Según (Gamboa, 2007), la recepción de la materia prima se realiza con material limpio y esterilizado con alcohol para evitar cualquier tipo de contaminación. En el caso de la okara, se hizo una inspección organoléptica de olor (completamente fresco) y color característico (beige claro).

En el caso de la miel de abeja, se procedió a verificar la fluidez y que no presente cristalización; es decir que sea fresca. Así mismo, la manteca vegetal, se procedió a verificar la fecha de vencimiento y que sea de buena marca.

- **Refrigeración**

Esta operación, se aplica simplemente a la okara una vez recepcionada se procede inmediatamente a refrigeración a una temperatura entre 10-12°C para evitar la producción de microorganismos; ya que esta tiene un porcentaje alto de humedad.

- **Pesado**

En esta etapa, se utilizó una balanza analítica en la cual se pesó cada una de las materias primas e insumos utilizados en el proceso de elaboración de barras energéticas.

- **Mezcla Líquida**

Primero, se debe encender la cocina y se coloca un recipiente de acero inoxidable de 3000 ml en la cual se agrega la manteca vegetal con una paleta de madera pequeña hasta derretirla por completo en forma manual; luego agregar el azúcar en sólido e ir removiendo con la misma paleta hasta obtener una mezcla completa. Por último, se agrega la miel de abeja y se sigue mezclando con la paleta hasta obtener una mezcla totalmente homogénea.

- **Mezcla Sólida**

Consiste en mezclar por separado en forma manual; utilizando un recipiente de acero inoxidable mediano en donde se agrega la okara, avena y arroz inflado; hasta lograr un mezcla casi homogénea con la ayuda de una paleta de madera.

- **Preparación de la masa**

Este proceso, consiste en unir las dos anteriores mezclas manualmente en el mismo recipiente de la mezcla líquida en caliente. Agregando la mezcla sólida lentamente y con la ayuda de una paleta de madera, se procede a mezclar suavemente; con el fin de evitar que los cereales presentes en la masa se desarmen y de esta manera obtener una masa de textura grumosa.

- **Moldeado**

Una vez obtenida la masa final se procedió al moldeado, que consiste primero en forrar el piso de las bandejas con papel aluminio para evitar que las barritas se peguen en la bandejas. Este proceso, consiste en

realizar moldes individuales de masa preparada y con la ayuda de un molde metálico acanalado (sin base) de 10cm de largo, 3cm de ancho y 1cm de alto, con el fin de darle una forma definida de las barras energéticas.

- **Horneado**

Primeramente, se procede a encender el horno semi-industrial hasta alcanzar una temperatura de 160°C entre (10-15) minutos. Posteriormente, se introduce las bandejas con la masa de las barras energéticas crudas hacia el horno; y se procede a controlar el tiempo de cocción entre 15 minutos aproximadamente.

- **Enfriamiento**

Una vez terminado el proceso de horneado, se sacan las bandejas con el producto y se dejan enfriar a temperatura entre (30-35) °C; para facilitar el desprendimiento de las barras energéticas adheridas al papel estañado de las bandejas y luego se dejan enfriar en una bandeja de acero inoxidable.

- **Envasado y sellado**

El proceso de envasado de las barras energéticas, consiste en envolver el producto terminado en papel estañado de tamaño de 9x12cm aproximadamente. Posteriormente, se introducen en bolsas de polietileno de baja densidad para luego sellarlas herméticamente con una selladora eléctrica manual.

3.4. METODOLOGÍA DE LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

La metodología de obtención de resultados fue mediante determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas, que se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Como también evaluaciones sensoriales los cuales se realizó mediante un test de escala hedónica.

3.4.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 3.3, se muestran los métodos utilizados en análisis de las propiedades fisicoquímicas tanto de la materia prima (okara) como en el producto final barras energéticas.

Tabla 3.3
Métodos de análisis utilizados en la materia prima y producto final

Tipo de Análisis	Método Utilizado
Determinación de cenizas	NB 075-74
Determinación de fibra	Manual CEANID
Determinación de grasa	NB 103-75
Determinación de hidratos de carbono	Cálculo
Determinación de humedad	NB 028-88
Determinación de proteína	NB 466-81
Valor energético	Cálculo

Fuente: CEANID, 2011

3.4.2. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 3.4, se muestra la metodología utilizada para el análisis microbiológico realizado a la materia prima (Okara).

Tabla 3.4
Análisis microbiológico de la materia prima

Parámetro	Método	Unidad
Coliformes totales	NB 32005	NMP/g

Fuente: CEANID, 2011

3.5. ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos, es una función primaria del hombre desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos (Leyva, 2010).

El análisis sensorial de alimentos es una de las herramientas más importantes para la elaboración de nuevos productos y en la estrategia de lanzamiento de los mismos al mercado (Leyva, 2010). Las evaluaciones sensoriales del presente trabajo, se realizaron en diferentes etapas de acuerdo al requerimiento para el desarrollo del producto, como ser:

3.5.1. EVALUACIÓN SENSORIAL INICIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Se prepararon, ocho muestras con distintos porcentajes de dosificación de okara, avena y azúcar. Las cuales fueron evaluadas el atributo sabor, utilizando diez jueces no entrenados mediante un test de escala hedónica (Anexo A).

3.5.2. EVALUACIÓN SENSORIAL INICIAL DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Se prepararon, ocho muestras con distintos porcentajes de dosificación de okara, avena y azúcar. Las cuales fueron evaluadas el atributo grado de dulzor, utilizando diez jueces no entrenados mediante un test de escala hedónica (Anexo A).

3.5.3. EVALUACIÓN SENSORIAL INTERMEDIA DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Consistió en realizar una nueva evaluación sensorial en base a las cuatro muestras más aceptadas del total de las ocho muestras analizadas del proceso inicial, utilizando similar test (Anexo A) y los mismos jueces no entrenados para identificar el atributo sensorial sabor.

3.5.4. EVALUACIÓN SENSORIAL INTERMEDIA DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Consistió en realizar una nueva evaluación sensorial en base a las cuatro muestras más aceptadas del total de las ocho muestras analizadas del proceso inicial, utilizando similar test (Anexo A) y los mismos jueces no entrenados para identificar el atributo sensorial grado de dulzor.

3.5.5. EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Consistió en realizar una evaluación sensorial final en base a las dos muestras más aceptadas de las cuatro muestras analizadas del proceso intermedio, utilizando similar test (Anexo A) y los mismos jueces no entrenados para identificar el atributo sensorial sabor.

3.5.6. EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR

Consistió en realizar una evaluación sensorial final en base a las dos muestras más aceptadas de las cuatro muestras analizadas del proceso intermedio, utilizando similar (Anexo A) y los mismos jueces no entrenados para identificar el atributo sensorial grado de dulzor.

3.5.7. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS TEXTURA Y COLOR EN EL PROCESO DE HORNEADO

Una vez seleccionada la mejor muestra en la dosificación final, se realizó una evaluación sensorial en el proceso de horneado; utilizando un test de escala hedónica (Anexo A) de cuatro muestras de barras energéticas a diez jueces no entrenados para analizar los atributos de color y textura.

3.5.8. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS SABOR, TEXTURA Y COLOR EN EL PRODUCTO TERMINADO

Una vez seleccionada la mejor muestra en el proceso de horneado, se realizó una evaluación sensorial al producto terminado; utilizando un test de escala hedónica (Anexo A) de una muestra de barra energética; utilizando a diez jueces no entrenados para analizar los atributos de sabor, color y textura.

3.5.9. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS SABOR Y TEXTURA EN EL PRODUCTO ALMACENADO

Consistió en realizar una evaluación sensorial a dos muestras almacenadas en las mismas condiciones ambientales, N (cuatro semanas) y M (seis semanas); utilizando un test de escala hedónica (Anexo A) y diez jueces no entrenados para identificar los atributos sensoriales de sabor y textura.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado al trabajo, nos permite el estudio de las variables más importantes y significativas, minimizando los costos durante el proceso de elaboración (Montgomery, 1991).

3.6.1. DISEÑO FACTORIAL

Se utilizó un diseño factorial en el proceso de horneado de las “barras energéticas” según (Ramírez, 2011) de acuerdo a la ecuación (3.1):

$$2^k \dots$$

(Ecuación: 3.1)

Se utilizó dos niveles de significación y dos variables según la ecuación (3.2):

$$2^2 \dots$$

(Ecuación: 3.2)

Considerando las variables en el proceso de horneado tiempo y temperatura. En el tabla 3.5, se muestran los niveles de variación de los factores en la operación de horneado.

Tabla 3.5
Factores que varían en el proceso de horneado

Factores	Nivel Inferior	Nivel Superior
Temperatura (T)	160 °C	180 °C
Tiempo (θ)	10 min	15 min

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.6, se muestra la interacción matricial de los factores que afectan en el proceso de horneado de las barras energéticas; para un diseño expresado en la ecuación (3.1).

Tabla 3.6
Diseño experimental en el proceso de horneado

Combinación de Tratamientos	Efecto Factorial				
	1	A	B	AB	Y_i
(1)	+	-	-	+	Y_1
a	+	+	-	-	Y_2
b	+	-	+	-	Y_3
ab	+	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y= Porcentaje (%) de humedad

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para la caracterización de la materia prima, se tomó en cuenta las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA OKARA

En la tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos (Anexo D) de las características fisicoquímicas de la okara.

Tabla 4.1
Composición fisicoquímica de la okara

Parámetros	Unidad	Valores
Cenizas	%	1,11
Fibra	%	6,85
Hidratos de carbono	%	11,32
Materia grasa	%	5,79
Humedad	%	68,26
Proteína total	%	13,52
Valor energético	Kcal/100g	151,47

Fuente: CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.1, la Okara utilizada en el proceso de elaboración de barras energéticas contiene un porcentaje de hidratos de carbono de 11,32%, fibra 6,85%, proteína total 13,52% y humedad 68,26%.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LA OKARA

En la tabla 4.2, se muestra los resultados obtenidos (Anexo D) de las características microbiológicas de la okara.

Tabla 4.2
Análisis microbiológico de la Okara

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NB 320-05	NMP/g	0,00

Fuente: CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.2, la okara tiene un contenido de coliformes totales de 0,00 (NMP/g).

4.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE OKARA, AVENA Y AZÚCAR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN

Para determinar la dosificación de okara, avena y arroz, consistió en preparar ocho muestras con distintos porcentajes, para realizar una selección inicial, y de esta manera elegir cuatro muestras de las ocho de mayor aceptación. Posteriormente, pasaron por una selección intermedia para elegir dos muestras finales. La selección, se realizó a través de un test de escala hedónica con diez jueces no entrenados para determinar los atributos sabor y grado de dulzor.

4.2.1. EVALUACIÓN SENSORIAL INICIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.3, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.2 (Anexo B.2) de la evaluación sensorial inicial realizada; del atributo sabor para determinar el porcentaje de dosificación de la barra energética.

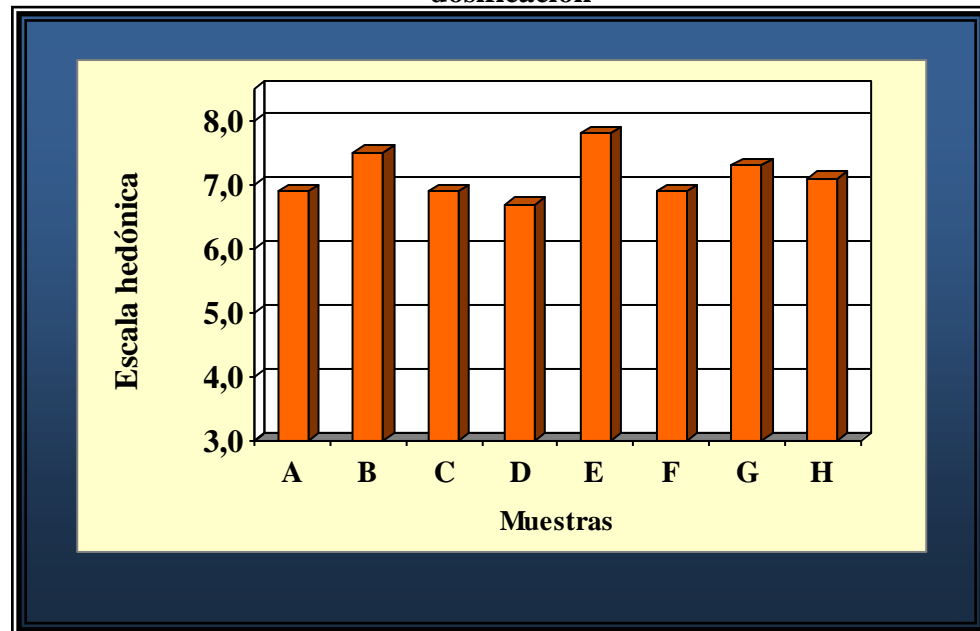
Tabla 4.3
Evaluación sensorial inicial del atributo sabor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	8	8	9	4	7	8	9	7
2	6	8	5	7	9	4	7	8
3	6	7	4	5	8	6	5	5
4	8	8	8	9	9	8	9	9
5	6	8	8	6	7	8	8	7
6	6	7	6	7	7	8	8	8
7	7	7	7	7	6	5	7	6
8	8	7	7	8	9	7	7	7
9	7	7	7	8	8	7	7	7
10	7	8	8	6	8	7	6	7
X _i	6,9	7,5	6,9	6,7	7,8	6,9	7,3	7,1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.3; de la evaluación sensorial inicial para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.1
Evaluación sensorial inicial del atributo sabor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.1, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (E) que tiene una aceptación de 7,8; muestra (B) 7,5; muestra (G) 7,3 y muestra (H) con 7,1; en escala hedónica.

En la tabla 4.4, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial inicial del atributo sabor; extraídos de la tabla B.3 (Anexo B.2).

Tabla 4.4
Análisis de varianza del atributo sabor inicial para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	113,49	79			
Entre muestras	9,59	7	1,37	1,29	2,17
Entre jueces	37,37	9	4,15	3,92	2,04
Error	66,53	63	1,06		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.4; $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,29 < 2,17$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras E con mayor puntaje, que contiene (okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%).

4.2.2. EVALUACIÓN SENSORIAL INICIAL DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.5, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.4 (Anexo B.3) de la evaluación sensorial inicial del atributo grado de dulzor; para determinar el porcentaje de dosificación de okara, avena y azúcar.

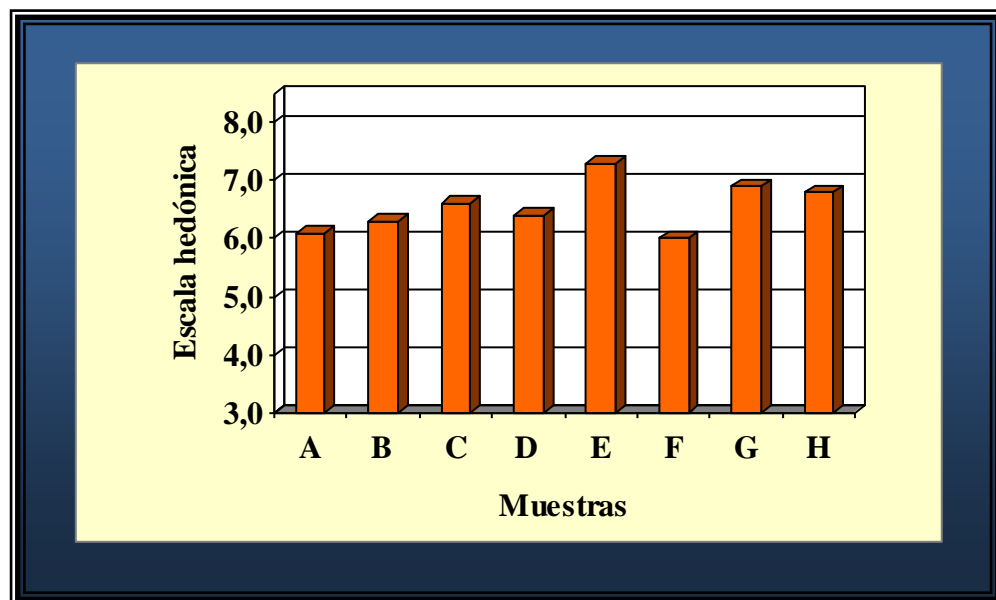
Tabla 4.5
Evaluación sensorial inicial del atributo grado de dulzor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	7	6	8	5	7	5	7	7
2	6	7	6	5	9	5	8	5
3	5	5	7	6	8	5	5	6
4	6	6	6	8	7	7	8	8
5	5	6	7	5	6	8	8	8
6	5	6	6	6	7	7	8	8
7	7	5	7	7	6	4	6	5
8	8	8	8	7	8	7	7	8
9	6	7	5	8	7	6	6	6
10	6	7	6	7	8	76	6	7
X_i	6,1	6,3	6,6	6,4	7,3	6,0	6,9	6,8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.5; de la evaluación sensorial inicial para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.2
Evaluación sensorial inicial del atributo grado de dulzor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.2, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (E) que tiene una aceptación del 7,3; la muestra (G) con 6,9; la muestra (H) con 6,8 y por último la muestra (C) con el 6,6; en escala hedónica.

En la tabla 4.6, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial inicial del atributo grado de dulzor; extraídos de la tabla B.5 (Anexo B.3).

Tabla 4.6
Análisis de varianza del atributo grado de dulzor inicial para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	97,8	79			
Entre muestras	13,4	7	1,91	1,84	2,17
Entre jueces	18,8	9	2,09	2,01	2,04
Error	65,6	63	1,04		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.6; $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,84 < 2,17$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras E con mayor puntaje, que contiene (okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%).

4.2.3. EVALUACIÓN SENSORIAL INTERMEDIA DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.7, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.6 (Anexo B.4) de la evaluación sensorial intermedia del atributo sabor; para determinar el porcentaje de dosificación de okara, avena y azúcar.

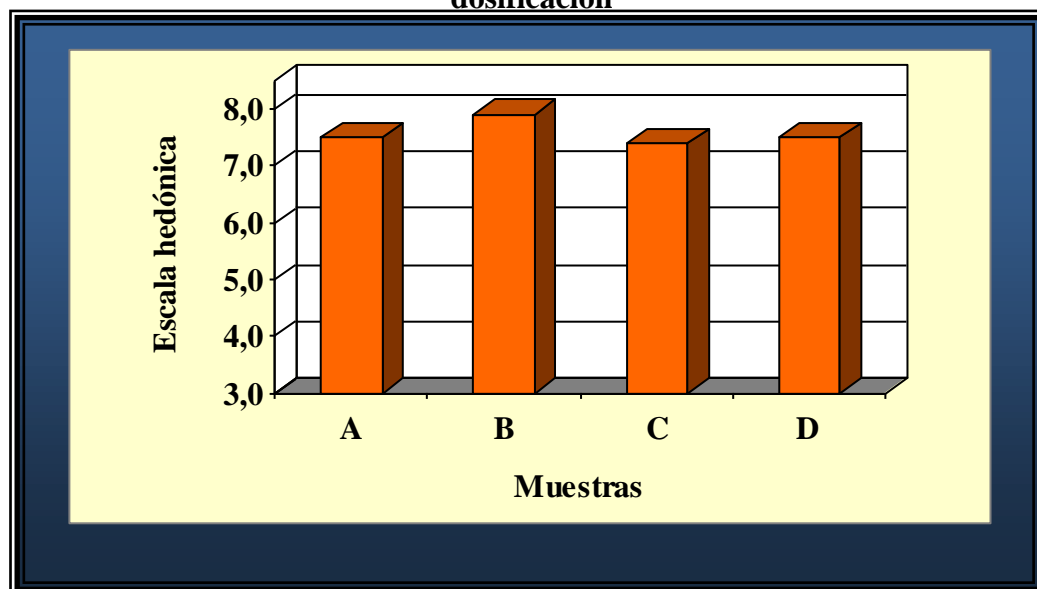
Tabla 4.7
Evaluación sensorial intermedia del atributo sabor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas			
	A	B	C	D
1	7	8	7	6
2	7	8	5	5
3	8	8	7	8
4	8	8	9	7
5	8	7	8	8
6	7	8	8	8
7	7	8	9	9
8	7	8	7	8
9	8	7	6	8
10	8	9	8	8
X_i	7,5	7,9	7,4	7,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.7; de la evaluación sensorial intermedia para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.3
Evaluación sensorial intermedia del atributo sabor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.3, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (B) que tiene una aceptación del 7,9 y la muestra (D) con el 7,5; en escala hedónica.

En la tabla 4.8, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial intermedia del atributo sabor; extraídos de la tabla B.7 (Anexo B.4).

Tabla 4.8
Análisis de varianza del atributo sabor intermedia para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	33,8	39			
Entre muestras	1,5	3	0,5	0,72	2,96
Entre jueces	13,55	9	1,50	2,17	2,25
Error	18,75	27	0,69		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.8; $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,72 < 2,96$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras B con mayor puntaje, que contiene (okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%).

4.2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL INTERMEDIA DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.9, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.8 (Anexo B.5) de la evaluación sensorial intermedia del atributo grado de dulzor; para determinar el porcentaje de dosificación de okara, avena y azúcar.

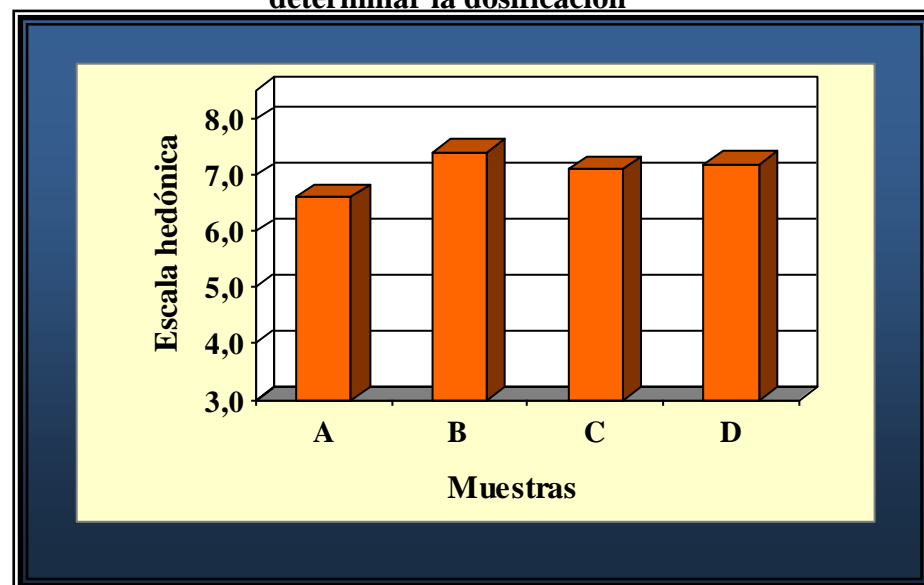
Tabla 4.9
Evaluación sensorial intermedia del atributo grado de dulzor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas			
	A	B	C	D
1	7	8	6	6
2	6	7	7	5
3	7	8	7	6
4	7	8	8	7
5	7	6	7	8
6	7	7	8	8
7	6	7	8	9
8	6	8	7	7
9	6	7	6	9
10	7	8	7	7
X _i	6,6	7,4	7,1	7,2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.9; de la evaluación sensorial intermedia para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.4
Evaluación sensorial intermedia del atributo grado de dulzor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.4, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (B) que tiene una aceptación de 7,4 y la muestra (D) con 7,2; en escala hedónica.

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial intermedia del atributo grado de dulzor; extraídos de la tabla B.9 (Anexo B.5).

Tabla 4.10
Análisis de varianza del atributo grado de dulzor intermedia para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	30,8	39			
Entre muestras	3,5	3	1,17	1,46	2,96
Entre jueces	5,55	9	0,62	0,77	2,25
Error	21,75	27	0,80		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.10; $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,46 < 2,96$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras A con mayor puntaje, que contiene (okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%).

4.2.5. EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.11, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.10 (Anexo B.6) de la evaluación sensorial final; realizada del atributo sabor para determinar el porcentaje de dosificación de okara, avena y azúcar.

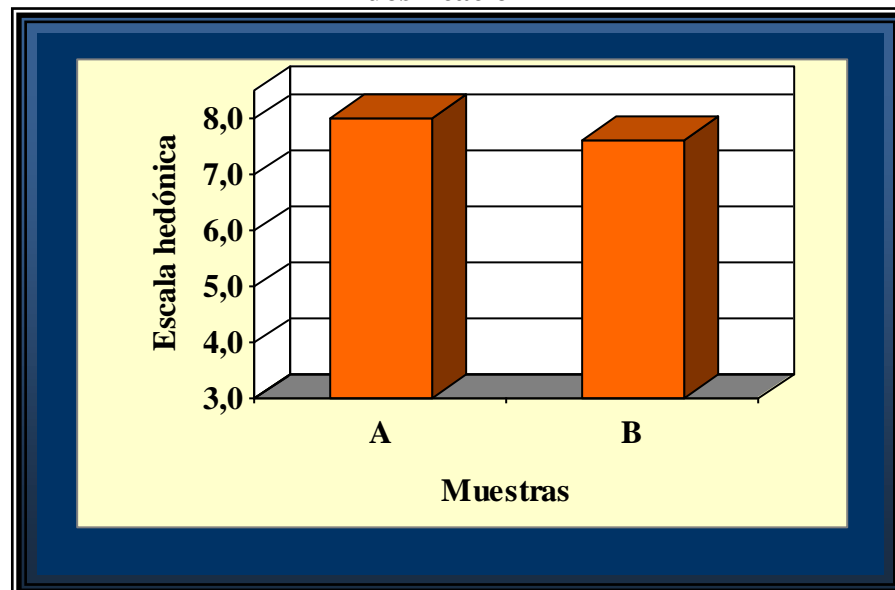
Tabla 4.11
Evaluación sensorial final del atributo sabor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas	
	A	B
1	8	7
2	7	8
3	9	7
4	8	7
5	9	8
6	8	6
7	8	9
8	7	8
9	9	7
10	7	9
X_i	8,0	7,6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.11; de la evaluación sensorial final para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.5
Evaluación sensorial final del atributo sabor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.5, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (A) que tiene una aceptación de 8,0 y la muestra (B) de 7,6 en escala hedónica.

La tabla 4.12, muestra los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial final del atributo sabor; extraídos de la tabla B.11, (Anexo B.6).

Tabla 4.12
Análisis de varianza del atributo sabor final para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	15,2	19			
Entre muestras	0,8	1	0,8	0,70	5,12
Entre jueces	4,2	9	0,46	0,41	3,18
Error	10,2	9	1,13		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.12; $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,70 < 5,12$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras A con mayor puntaje, que contiene (okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%).

4.2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN

La tabla 4.13, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.12 (Anexo B.7) de la evaluación sensorial final del atributo grado de dulzor para determinar el porcentaje de dosificación de okara, avena y azúcar.

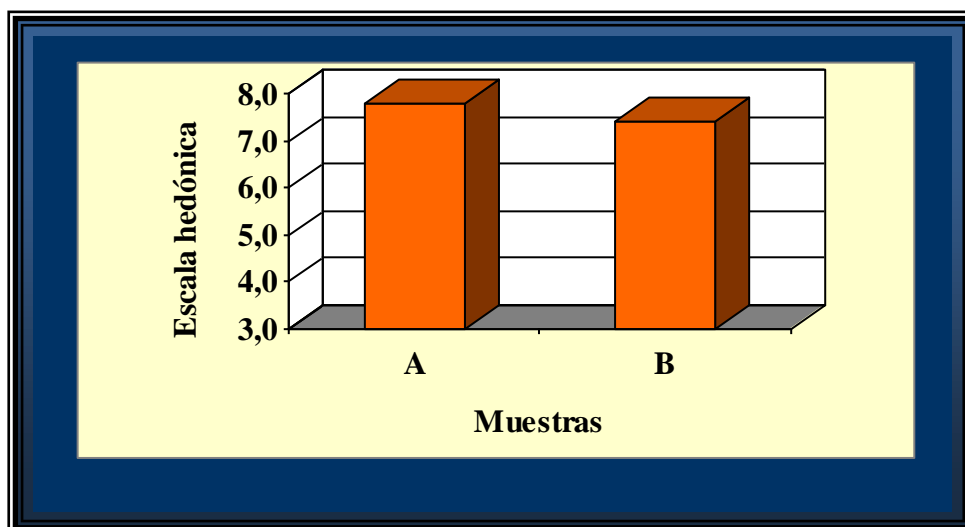
Tabla 4.13
Evaluación sensorial final del atributo grado dulzor para determinar la dosificación

Jueces	Muestras Evaluadas	
	A	B
1	9	7
2	7	8
3	8	7
4	8	7
5	8	7
6	7	5
7	8	8
8	7	8
9	9	8
10	7	9
X_i	7,8	7,4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.13; de la evaluación sensorial final para determinar el porcentaje de okara, avena y azúcar.

Figura 4.6
Evaluación sensorial final del atributo grado de dulzor para determinar la dosificación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.6; las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (A) que tiene una aceptación del 7,8 y la muestra (B) 7,4; en escala hedónica.

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo grado de dulzor; extraídos de la tabla B.13, (Anexo B.7).

Tabla 4.14
Análisis de varianza del atributo grado de dulzor final para determinar la dosificación

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	16,8	19			
Entre muestras	0,8	1	0,8	0,88	5,12
Entre jueces	7,8	9	0,86	0,94	3,18
Error	8,2	9	0,91		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.14; $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,88 < 5,12$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras A con mayor puntaje, en escala hedónica de 7,8.

En base al análisis sensorial realizado en el proceso de dosificación, para las diferentes muestras analizadas en esta etapa. Se pudo establecer que la mejor dosificación fue para la muestra (A), que contiene Okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%; como la opción para la elaboración de la barra energética a nivel experimental.

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN EL PROCESO DE HORNEADO

Para determinar las variables (temperatura y tiempo) en la etapa de horneado, se realizó de acuerdo al diseño factorial (tabla 3.4) con los niveles de variación (tabla 3.3); en donde la variable medida fue el contenido de humedad expresado en porcentaje.

4.3.1. DISEÑO FACTORIAL PARA EL PROCESO DE HORNEADO

En la tabla 4.15, se muestra la matriz de resultados (Anexo D) de las variables del proceso de horneado de las barras energéticas para un diseño 2^2 , en función del contenido de humedad.

Tabla 4.15
Variables del proceso de horneado de la barra energética

Corridas	Variables		Réplicas		Total
	T	t	Yi	Yi	Yi
1	160°C	10 min	9,94	10,67	20,61
a	180°C	10 min	7,90	9,72	17,62
b	160°C	15min	7,67	9,01	16,68
ab	180°C	15 min	7,35	11,22	18,57

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.15, se procedió a realizar el análisis de varianza de los valores del contenido de humedad (tabla 4.16) para un diseño experimental de 2^2 ; extraídos de la tabla C.2 (Anexo C).

Tabla 4.16
Análisis de varianza en el proceso de horneado para el diseño 2²

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	14,55	7			
Temperatura (A)	0,15	1	0,15	0,06	7,71
Tiempo (B)	1,11	1	1,11	0,43	7,71
Interacción (AB)	2,98	1	2,98	1,15	7,71
Error experimental	10.31	4	2,58		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.16, el factor temperatura (A), factor tiempo (B) y la interacción (AB) temperatura-tiempo en el proceso de horneado de la barra energética en función del contenido de humedad no existe significancia estadística, para un límite de confianza $p < 0,05$.

En base a este análisis estadístico, se puede decir que los factores de temperatura y tiempo de horneado no inciden directamente en esta etapa en función del contenido de humedad. Por lo tanto, se procedió a realizar pruebas sensoriales, en base a jueces no entrenados para poder analizar los atributos de color y textura en la barra energética.

4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS COLOR Y TEXTURA EN EL PROCESO DE HORNEADO

Para realizar la evaluación sensorial de los atributos de color y textura de la barra energética, se procedió a realizar la elaboración de cuatro muestras con diferentes temperaturas y tiempos para establecer diferencias del atributo color y textura. Utilizando diez jueces no entrenados en base a una escala hedónica.

4.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE HORNEADO

La tabla 4.17, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.14 (Anexo B.8) de la evaluación sensorial realizada; para el atributo color en base a diez jueces no entrenados.

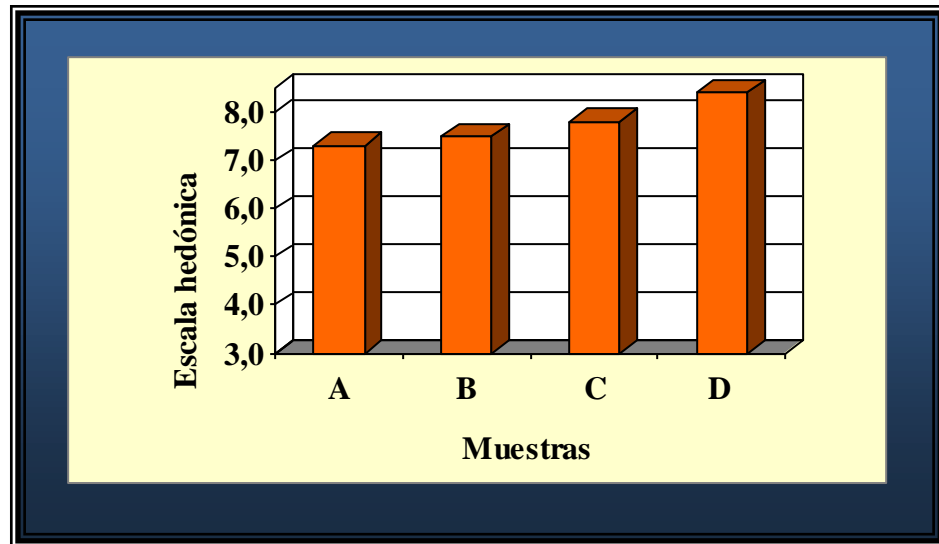
Tabla 4.17
Evaluación sensorial del atributo color para el proceso de horneado

Jueces	Muestras Evaluadas			
	A	B	C	D
1	6	7	8	7
2	9	8	7	9
3	7	7	7	7
4	5	6	8	9
5	7	9	7	9
6	7	9	9	9
7	7	8	9	8
8	9	8	7	9
9	8	6	8	9
10	8	7	8	8
X_i	7,3	7,5	7,8	8,4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.17; de la evaluación sensorial para determinar tiempo y temperatura de horneado del producto.

Figura 4.7
Evaluación sensorial del atributo color para el proceso de horneado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.4, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (D) que tiene una aceptación de 8,4 y la muestra (C) con el 7,8, en comparación con las otras muestras

La tabla 4.18, muestra los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo color; extraídos de la tabla B.15, (Anexo B.8).

Tabla 4.18
Análisis de varianza del atributo color para el proceso de horneado

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	43,5	39			
Entre muestras	6,9	3	2,3	2,50	2,96
Entre jueces	11,5	9	1,27	1,38	2,25
Error	25,1	27	0,92		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.18; $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,50 < 2,96$) para los tratamientos (muestras) y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras D con mayor puntaje, como la mejor opción para el proceso de horneado ($T-160^{\circ}\text{C}$ y $t-15\text{min}$) de la barra energética.

4.4.2. PRUEBA ESTADÍSTICA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA EL PROCESO DE HORNEADO

La tabla 4.19, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.16, (Anexo B.9) de la evaluación sensorial realizada; para el atributo textura en base a diez jueces no entrenados.

Tabla 4.19
Evaluación sensorial del atributo textura para el proceso de horneado

Jueces	Muestras Evaluadas			
	A	B	C	D
1	9	8	9	9
2	9	8	8	8
3	5	6	5	7
4	7	6	5	8
5	8	8	9	9
6	8	8	7	9
7	8	9	7	9
8	9	8	7	9
9	6	7	8	9
10	6	7	7	9
X_i	7,5	7,5	7,2	8,6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.19; de la evaluación sensorial para determinar tiempo y temperatura de horneado del producto.

Figura 4.8
Evaluación sensorial del atributo textura para el proceso de horneado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.8; las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (D) que tiene una aceptación de 8,6, la muestra (A) y (B); ambas tienen una aceptación de 7,5; y la muestra (C) 7,2 en escala hedónica.

En la tabla 4.20, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la tabla B.20, (Anexo B.9).

Tabla 4.20
Prueba de Duncan para atributo textura para el proceso de horneado

Tratamientos	Efectos
MD - MC	No hay diferencia Significativa
MD - MB	No hay diferencia Significativa
MD - MA	No hay diferencia Significativa
MC - MB	No hay diferencia Significativa
MC - MA	No hay diferencia Significativa
MB - MA	No hay diferencia Significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se observa que no existe evidencia estadística entre los tratamientos (MD-MC, MD-MB, MD-MA, MC-MB, MC-MA, MB-MA)

que no son significativas para un límite de confianza del 95%. Por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras D con mayor puntaje, como la mejor opción para el proceso de horneado ($T=160^{\circ}\text{C}$ y $t=15\text{min}$) para la barra energética.

4.5. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO (BARRAS ENERGÉTICAS)

Para determinar las características del producto terminado, se tomaron en cuenta las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas.

4.5.1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO

En la tabla 4.21, se muestran los resultados obtenidos (Anexo D) del análisis fisicoquímico realizado al producto terminado (barras energéticas); realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 4.21
Composición fisicoquímica del producto

Parámetros	Unidad	Valores
Cenizas	%	1,65
Fibra	%	2,88
Hidratos de carbono	%	60,48
Materia grasa	%	16,69
Humedad	%	8,46
Proteína total	%	9,84
Valor energético	Kcal/100g	431,49

Fuente: CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.21, el producto terminado (barras energéticas) contiene un porcentaje de hidratos de carbono 60,48%, fibra 2,88%, proteína total 9,84%, humedad 8,46% y valor energético de 431,49 kcal/100g.

4.5.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO

En la tabla 4.22, se muestran los resultados obtenidos (Anexo D) del análisis microbiológico realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 4.22
Análisis microbiológico de las barras energéticas

Determinación	Unidades	Resultado
Coliformes totales	NMP/g	0
Mohos y levaduras	ufc/g	$1,3 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2011

Como se puede observar en la tabla 4.22, el producto terminado tiene como resultados, ausencia de coliformes totales (0 NMP/g); mohos y levaduras $1,3 \times 10^2$ ufc/g.

4.5.3. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO

La tabla 4.23, muestra los resultados obtenidos de la tabla B.21, (Anexo B.10) de la evaluación sensorial del producto terminado para determinar los atributos sabor, textura y color.

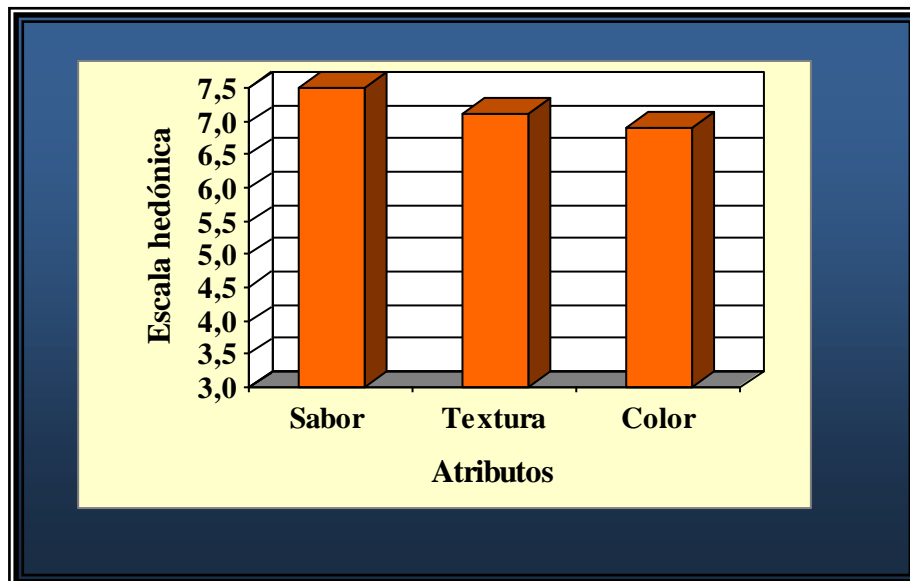
Tabla 4.23
Evaluación sensorial del producto

Jueces	Atributos		
	Sabor	Textura	Color
1	8	9	7
2	8	5	8
3	7	4	5
4	8	8	9
5	8	8	7
6	7	6	8
7	7	7	6
8	7	7	7
9	7	7	7
10	8	8	7
X_i	7,5	6,9	7,1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestra los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.23; de la evaluación sensorial del producto para determinar los atributos de sabor, textura y color.

Figura 4.9
Resultado de los atributos sensoriales para el producto



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.9; los atributos de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: el atributo sabor que tiene una aceptación del 7,5; seguido del atributo color con 7,1 y el atributo textura con 6,9 en escala hedónica.

En la tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de los atributos sabor, textura y color; extraídos de la tabla B.22, (Anexo B.10).

Tabla 4.24
Análisis de varianza de los atributos sensoriales para el producto

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	36,17	29			
Entre muestras	1,87	2	0,935	0,44	3,55
Entre jueces	18,84	9	2,09	1,09	2,46
Error	15,46	18	0,86		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.24; $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,44 < 3,55$) para los atributos y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por el atributo sabor con mayor puntaje 7,5.

Referente a la valoración de la calidad del producto terminado, se puede observar que mantiene sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de acuerdo a su composición para este tipo de barra energética.

4.5.4. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO ALMACENADO

Una vez obtenido el producto final, se almacenó dos muestras de barras energéticas: Una muestra N (cuatro semanas) y muestra M (seis semanas) de almacenamiento a condiciones normales de temperatura; con el propósito de verificar si existe diferencia respecto a los atributos de sabor y textura.

4.5.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR DEL PRODUCTO ALMACENADO

En la tabla 4.25, se muestran los resultados de la tabla B.23, (Anexo B.11) en la evaluación sensorial del atributo sabor en escala hedónica; evaluado por diez jueces no entrenados.

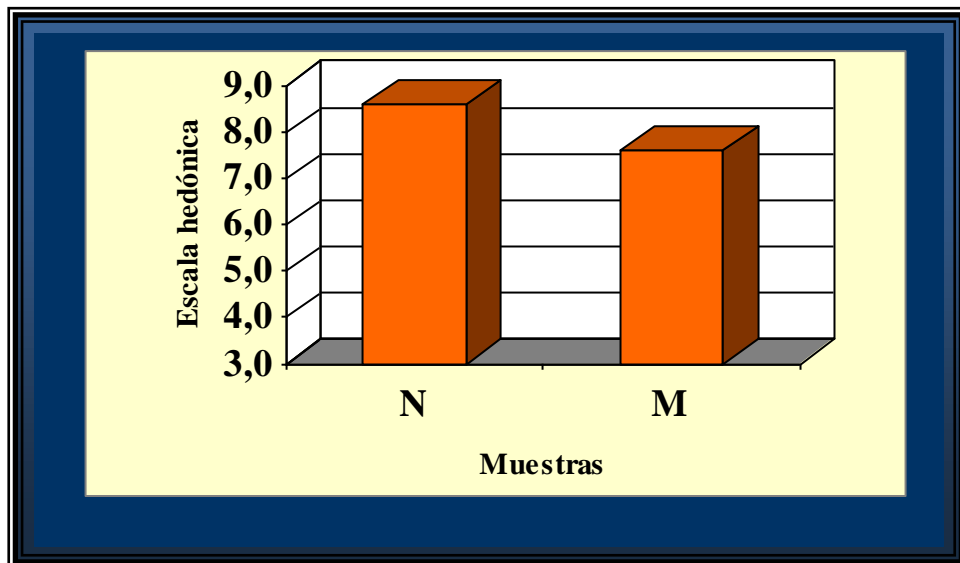
Tabla 4.25
Evaluación sensorial del atributo sabor para el producto almacenado

Jueces	Muestras Evaluadas	
	N (cuatro semanas)	M (seis semanas)
1	9	8
2	8	7
3	8	7
4	9	6
5	8	8
6	7	8
7	9	7
8	8	7
9	7	8
10	9	6
X_i	8,6	7,6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestran los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.25; en la evaluación sensorial del atributo sabor para el producto almacenado.

Figura 4.10
Evaluación sensorial del atributo sabor para el producto almacenado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.10, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra N (cuatro semanas) que tiene una aceptación de 8,2 y la muestra M (seis semanas) de 7,6; en escala hedónica.

En la tabla 4.26, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo sabor del producto almacenado; extraídos de la tabla B.24, (Anexo B.11).

Tabla 4.26
Análisis de varianza del atributo sabor para el producto almacenado

Fuentes de Varianza (FV)	Suma de Cuadrados SC	Grados de Libertad GL	Cuadrados Medios CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	16,2	19			
Entre muestras	5	1	5	5	5,12
Entre jueces	2,2	9	0,24	0,24	3,18
Error	9	9	1		

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observaren la tabla 4.26; $F_{cal} < F_{tab}$ ($5 < 5,12$) para los tratamientos y se rechaza la hipótesis planteada. Por lo que no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedio para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra N (cuatro semanas) de almacenamiento con mayor puntaje.

4.5.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PRODUCTO ALMACENADO

En la tabla 4.27, se muestran los resultados de la tabla B.25 (Anexo B.12) en la evaluación sensorial del atributo textura en escala hedónica y evaluado por diez jueces no entrenados.

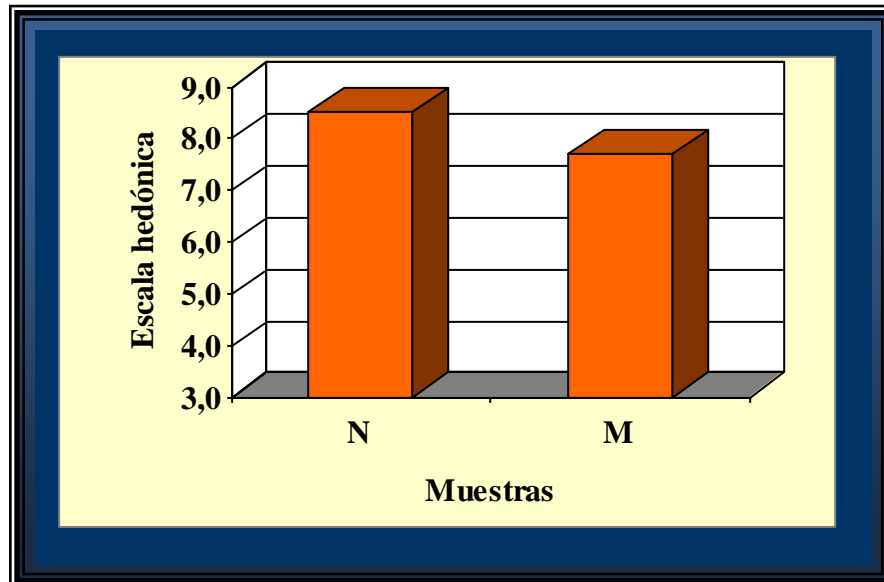
Tabla 4.27
Evaluación sensorial del atributo textura para el producto almacenado

Jueces	Muestras Evaluadas	
	N (cuatro semanas)	M (seis semanas)
1	8	8
2	9	6
3	8	7
4	8	8
5	8	8
6	9	6
7	8	8
8	7	6
9	8	8
10	9	8
X_i	8,5	7,7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestran los resultados promedios obtenidos de la tabla 4.27; en la evaluación sensorial del atributo textura para el producto almacenado.

Figura 4.11
Evaluación sensorial del atributo textura para el producto almacenado



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.11, las muestras de mayor aceptación por los jueces no entrenados son: la muestra (N) que tiene una aceptación del 8,2 y la muestra (M) 7,7; en escala hedónica.

4.5.5.1. PRUEBA ESTADÍSTICA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA EL PRODUCTO ALMACENADO

En la tabla 4.28, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la tabla B.29 (Anexo B.12).

Tabla 4.28
Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para el producto almacenado

Tratamientos	Efectos
MN – MM	Si hay diferencia Significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.28, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (MN-MM), que son significativas para un límite de

confianza del 95%. Por lo tanto, se puede decir que existe diferencia significativa entre las muestras. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras N (cuatro semanas) de almacenamiento con mayor puntaje de aceptación.

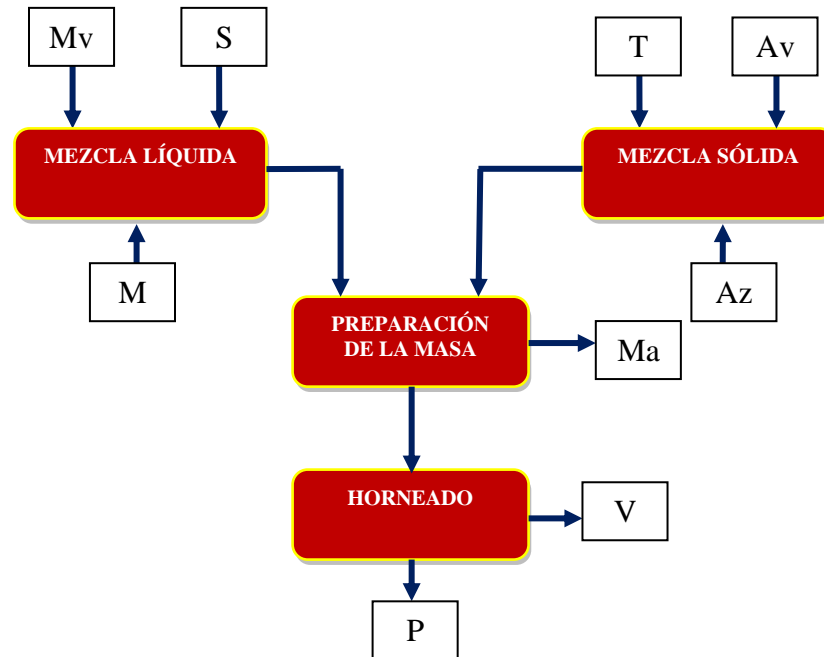
Referente a la calidad del producto almacenado, se puede observar que mantiene sus propiedades de calidad organoléptica, en cuanto se refiere a los atributos de textura y sabor; para un tiempo almacenado (cuatro semanas) y no así de seis semanas; ya que su valoración es menor. Por lo tanto, el tiempo de almacenado es de cuatro semanas para garantizar una calidad sensorial óptima en las barras energéticas.

4.6. BALANCE DE MATERIA

En el trabajo experimental, se realizó el balance de materia en las etapas del proceso de elaboración de barras energéticas, para determinar las entradas y salidas del proceso.; tomando en cuenta 500g de producto (barras energéticas).

En la figura 4.12, se muestra el diagrama de flujo del balance de materia para elaborar barras energéticas.

Figura 4.12
Diagrama de bloques del balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas



Fuente: Elaboración propia

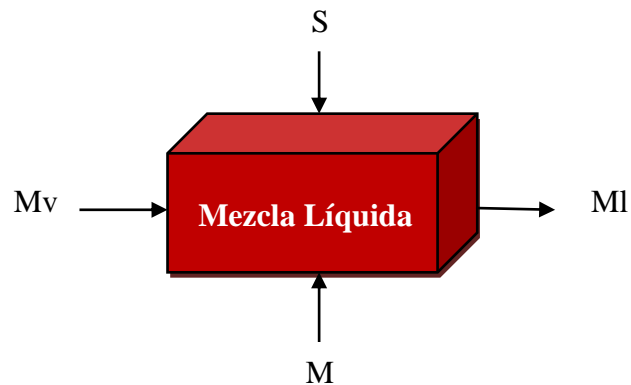
- **Proceso de mezcla líquida:**

Datos	
Mv	100 g
Az	80 g
M	100 g

Donde	
Mv	Manteca vegetal
S	Azúcar (sacarosa)
M	Miel de abeja

En la figura 4.13, se muestra el proceso de mezcla líquida para elaborar las barras energéticas.

Figura 4.13
Proceso de mezcla líquida



Balance de materia en el proceso de mezcla líquida:

$$\mathbf{Mv + S + M = MI} \quad \text{(Ecuación: 4.1)}$$

Ordenando la ecuación 4.1 tenemos:

$$\mathbf{MI = Mv + S + M} \quad \text{(Ecuación: 4.2)}$$

Resolviendo la ecuación 4.2:

$$MI = 100g + 80 + 100$$

$$MI = 280g \text{ de mezcla líquida}$$

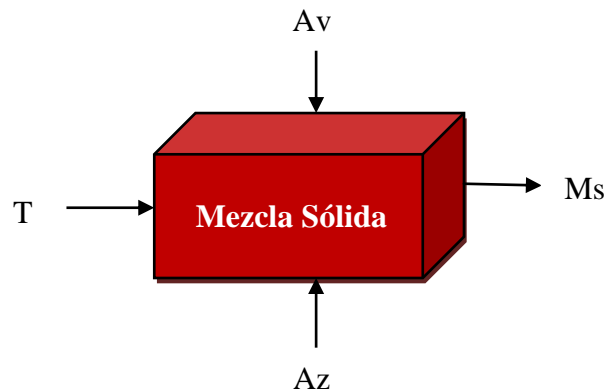
- **Proceso de mezcla sólida:**

Datos	
T	120 g
Av	150 g
Az	50 g
Ms	= ?

Donde	
T	Okara
Av	Avena
Az	Arroz
Ms	Mezcla sólida

En la figura 4.14, se muestra el proceso de mezcla sólida para elaborar las barras energéticas.

Figura 4.14
Proceso de mezcla sólida



Balance de materia en el proceso de mezcla sólida:

$$\mathbf{T + Av + Az = Ms} \quad \text{(Ecuación: 4.3)}$$

Ordenando la ecuación 4.3 tenemos:

$$\mathbf{Ms = T + Av + Az} \quad \text{(Ecuación: 4.4)}$$

Resolviendo la ecuación 4.4:

$$Ms = 120 + 150 + 50$$

$$Ms = 320\text{g de mezcla sólida}$$

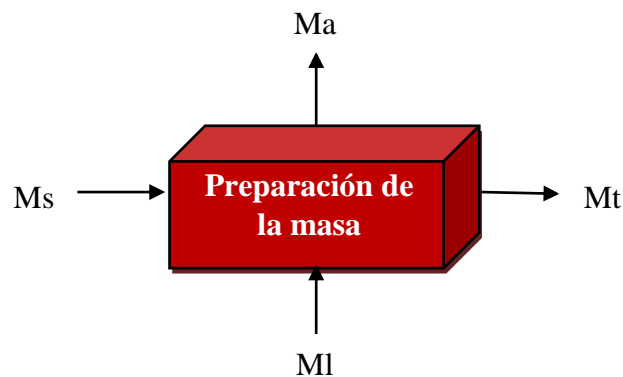
- **Preparación de la masa:**

Datos:	
Ms	320 g
Ml	280 g
Ma	13,7 g
Mt	= ?

Donde:	
Ms	Mezcla sólida
Ml	Mezcla líquida
Ma	Masa adherida al recipiente
Mt	Masa total

En la figura 4.15, se muestra el proceso de preparación de la masa para elaborar las barras energéticas.

Figura 4.15
Proceso de preparación de la masa



Balance de materia en el proceso de preparación de la masa:

$$M_s + M_I = M_a + M_t \quad \text{(Ecuación: 4.5)}$$

Ordenando la ecuación 4.5 tenemos:

$$M_t = M_s + M_I - M_a \quad \text{(Ecuación: 4.6)}$$

Resolviendo la ecuación 4.6:

$$M_t = 320\text{g} + 280 - 13.7$$

$$M_t = 586,3\text{g}$$

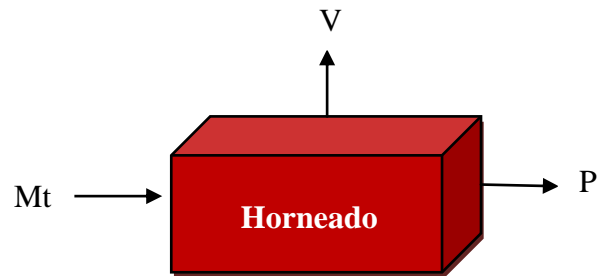
- **Balance de materia para la etapa de horneado:**

Datos	
M_t	= 586,3
X_{M_t}	= 0,2129
V	= ?
X_v	= 1
P	= ?
X_p	= 0,0846

Donde	
M_t	Masa total
X_{M_t}	% de humedad de la masa
V	Cantidad de agua evaporada
X_v	% de humedad del agua evaporada
P	Producto
X_p	% de humedad del producto

En la figura 4.16, se muestra el proceso de horneado para elaborar las barras energéticas.

Figura 4.16
Proceso de horneado



Balance general de materia para el proceso de horneado:

$$\mathbf{Mt = V + P} \quad \text{(Ecuación: 4.7)}$$

Ordenando la ecuación 4.7 tenemos:

$$\mathbf{V = Mt - P} \quad \text{(Ecuación: 4.8)}$$

Resolviendo la ecuación 4.8:

$$V = 586,3 - 504,12$$

$$V = 82,18 \text{ g de vapor}$$

Balance parcial para el horneado

$$\mathbf{MtX_{Mt} = VX_V + PX_P} \quad \text{(Ecuación: 4.9)}$$

Remplazando la ecuación (4.8) en la (4.9):

$$MtX_{Mt} = (Mt - P) X_V + PX_P$$

$$MtX_{Mt} = Mt X_V - PX_V + PX_P$$

$$MtX_{Mt} - Mt X_V = P (-X_V + X_P)$$

$$\mathbf{P = \frac{MtX_{Mt} - Mt X_V}{(-X_V + X_P)}} \quad \text{(Ecuación: 4.10)}$$

Resolviendo la ecuación 4.10:

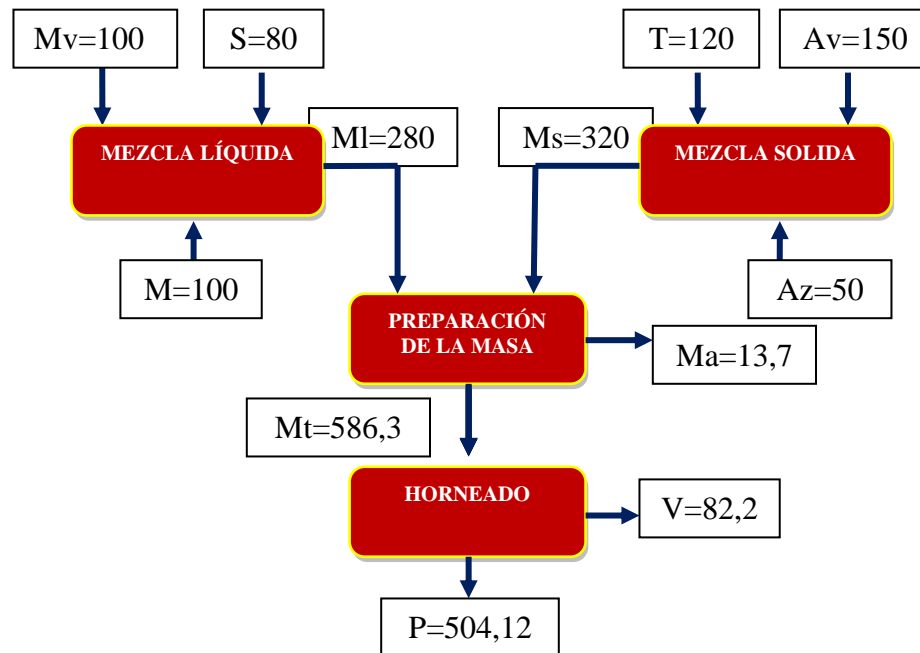
$$P = \frac{586,3(0,2129) - 586,3(1)}{(-1 + 0,0846)}$$

$$P = 504,12 \text{ g de producto}$$

4.6.1. RESUMEN DEL BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.17, se muestra el diagrama de flujo del resumen del balance de materia.

Figura 4.17
Diagrama de bloques del resumen del balance de materia



4.7. BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía, se realizó en la etapa del proceso de horneado. Para tal efecto, se tomó en cuenta una cantidad de 500g de masa de barra energética.

En este caso utilizaremos las ecuaciones según (Valiente, 1994), donde nos dice que calor total será igual a calor ganado; más el calor cedido.

$$Q_T = Q_g + Q_c \quad \text{(Ecuación: 4.10)}$$

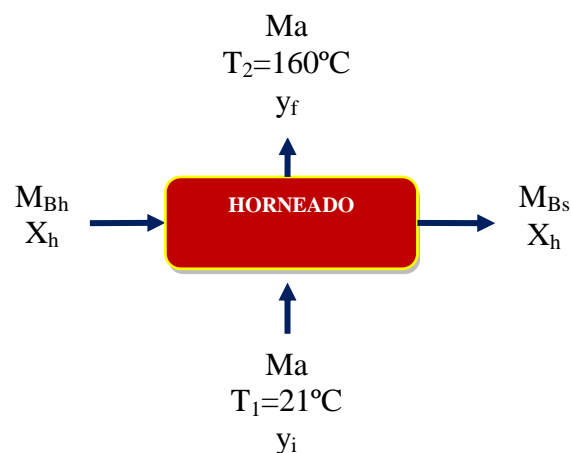
Como también:

$$Q = m \cdot C_p (T_2 - T_1) \quad \text{(Ecuación: 4.11)}$$

Datos		Donde	
m_B	= 504,12	m_B	Masa de las barras energéticas
C_{p_B}	= ?	C_{p_B}	Capacidad calorífica de las barras energéticas
m_a	= ?	m_a	Masa de aire
C_{p_a}	= 0,238	C_{p_a}	Capacidad calorífica del aire
Q	= ?	Q	Cantidad de energía requerida en el proceso
H_f	= 238,41	H_f	Entalpia del aire caliente
H_i	= 16,55	H_i	Entalpia del aire frio
T_f	= 160	T_f	Temperatura final
T_i	= 25	T_i	Temperatura inicial
A_e	= 82,18	A_e	Agua evaporada de las barras energéticas
h	= 0,02129	h	Humedad de la masa de las barras energéticas

En la figura 4.18, se muestra el balance de energía realizado en el proceso de horneado de las barras energéticas.

Figura 4.18
Balance de energía en el proceso de horneado de las barras energéticas



Calculando el calor requerido para calentar del horno:

$$Q_1 = m_a * C_{p_a} * (T_2 - T_1) \quad (\text{Ecuación: 4.12})$$

Para determinar el calor requerido durante el proceso de calentamiento del horno, se aplicó la ecuación 4,12; en donde utilizamos los datos del aire como ser Cp y densidad citados por (Valiente, 1994). Para calcular la masa de aire, se debe calcular primero el volumen del interior del horno que contiene el aire caliente.

Calculando el volumen del horno:

$$\text{Vol.} = a*b*c \quad \text{(Ecuación: 4.13)}$$

$$\text{Vol.} = 28\text{cm}*57\text{cm}*50\text{cm}$$

$$\text{Vol.} = 79800\text{cm}^3$$

Calculando la masa del aire:

$$\varphi = m/\text{Vol.} \quad \text{(Ecuación: 4.14)}$$

$$m = \varphi*\text{Vol.}$$

$$m = 0,001293\text{g/cm}^3 * 79800\text{cm}^3$$

$$m = 103,18\text{g} = 0,103\text{kg}$$

Resolviendo la ecuación 4.12:

$$Q_1 = 0,103*0,238(160-25)$$

$$Q_1 = 3,309\text{kcal}$$

Calculando Q₂ en proceso de horneado de las barras energéticas:

Para calcular Q₂ en el proceso de horneado, se utiliza la ecuación (4.15) según (Valiente, 1994).

$$Q_2 = m_B C_{pB} (T_i - T_o) + m_{\text{aire}} (H_{\text{Final}} - H_{\text{inicial}}) \quad \text{(Ecuación: 4.15)}$$

Según (Alvarado, 2001), para determinar el Cp de la barra energética consta de la ecuación (4.16).

$$C_{pB} = 1130,44 + 30,56*h \quad \text{(Ecuación: 4.16)}$$

Resolviendo la ecuación 4.15:

$$C_{pB} = 1131,09 \text{ Kjoule/kg } ^\circ\text{C} = 0,270 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Para determinar la masa de aire caliente, se utilizó la ecuación (4.17) citada por (Alvarado, 2001).

$$m_a = (Ae/y_f - y_i) \quad \text{(Ecuación: 4.17)}$$

Resolviendo la ecuación 4.17:

$$\text{Tenemos: } m_a = (0,08218/0,298-0,0174) \quad \blacktriangleright \quad m_a = 0,073 \text{ kg}$$

Remplazando los valores en la ecuación 4.15:

$$Q_2 = 0,5863*0,270 (93 - 25) + 0,2806 (238,41-16,55)$$

$$\mathbf{Q_2 = 73,01 Kcal/hr}$$

Calculando el calor para calentar las bandejas que entran en el horno junto con la masa, para lo cual utilizamos la ecuación 4.12. Así mismo, el $C_{p\text{bandejas}} = 0,107$ (Perry, 1988) para las bandejas que son de chapa de hierro dulce.

$$Q_3 = m * C_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_3 = 1,375 * 0,107 (160 - 25)$$

$$\mathbf{Q_3 = 19,86 Kcal/hr}$$

Por último, se calcula el calor por efecto de evaporación del vapor de agua de la barra energética; para lo cual utilizamos el calor de vapor (λ) vaporización del agua contenido en la masa. Según (Valiente, 1994).

$$Q_4 = m * X * \lambda \quad \text{(Ecuación: 4.17)}$$

Donde: $\lambda = 545,12 \text{ Kcal/kg}$ (Valiente, 1994)

$$Q_4 = m * X * \lambda$$

$$Q_4 = 0,5863 * 0,2129 * 545,12$$

$$\mathbf{Q_4 = 68,04 Kcal/hr}$$

Sumando todos los calores que intervienen en el sistema de horneado, tenemos:

$$\mathbf{Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

$$Q_T = 3,309 + 73,01 + 19,86 + 68,04$$

$$\mathbf{Q_T = 164,219 Kcal/hr}$$

5.1. CONCLUSIONES

- En cuanto a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la okara, presenta una composición de fibra 6,85%, hidratos de carbono 11,38%, proteína total 13,52%, materia grasa 5,79% y valor energético de 151,47 Kcal/100g. En el caso del análisis microbiológico, coliformes totales, fecales 0,00 NMP/g.
- De acuerdo a la evaluación sensorial inicial en la etapa de dosificación, se pudo evidenciar que la muestra (E), es la que tiene mayor aceptación por los jueces en relación al atributo sabor con un valor de 7,8. Realizado el análisis estadístico, se pudo observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,29 < 2,17$), lo que no existe evidencia estadística de variación entre las muestras para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra (E) con okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%.
- De acuerdo a la evaluación sensorial intermedia que se realizó a las cuatro muestras elegidas de las ocho muestras preparadas inicialmente en la etapa de dosificación, se pudo evidenciar que la muestra (B), es la que tiene mayor aceptación por los jueces en relación al atributo sabor con un valor de 7,9. Realizado el análisis estadístico, se pudo observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,72 < 2,96$), lo que no existe evidencia estadística de variación entre las muestras para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra (B) con okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%.
- De acuerdo a la evaluación sensorial final de las dos muestras elegidas de la evaluación intermedia en la etapa de dosificación, se pudo evidenciar que la muestra (A), es la que tiene mayor aceptación por los jueces en relación al atributo sabor con un valor de 8,0. Realizado el análisis estadístico, se pudo observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,70 < 5,12$), lo que no existe evidencia estadística de

variación entre las muestras para $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra (A) con okara 21,8%, avena 27,3% y azúcar 14,5%.

- De acuerdo a los resultados experimentales del diseño 2^2 en el proceso de horneado, se puede observar que el factor A (temperatura) y el factor B (tiempo), no existe evidencia estadística de variación en el proceso de horneado para $p < 0,05$. En tal sentido, se puede decir que la variación de los factores de temperatura y tiempo, no tienen influencia en el proceso de horneado en función del contenido de humedad de la barra energética.
- En la evaluación sensorial para la etapa de horneado, se pudo evidenciar que la muestra (D), es la que tiene mayor aceptación por los jueces en relación al atributo color de 8,4. Realizado el análisis estadístico, se pudo observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,50 < 2,96$), lo que no existe evidencia estadística de variación entre las muestras para una $p < 0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra (D) con una temperatura de 160°C y un tiempo de 15 minutos.
- De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado, se tiene una composición en fibra 2,88%, hidratos de carbono 60,48%, proteína 9,84%, materia grasa 16,69%, y valor energético 431,49 Kcal/100g. En cuanto al análisis microbiológico del producto, contiene $1,3 \times 10^2$ ufc/g de mohos y levaduras y (0,00 NMP/g de coliformes totales).
- De acuerdo a la evaluación sensorial del producto terminado, se pudo evidenciar que el atributo sabor, es la que tiene mayor aceptación por los jueces con un valor de 7,5; atributo textura 7,1 y atributo color con 6,9. Realizado el análisis estadístico, se pudo observar que $F_{cal} < F_{tab}$

(0,44<3,55), lo que no existe evidencia estadística de variación entre los atributos para una $p<0,05$. Por lo tanto, el producto mantiene sus propiedades organolépticas.

- En el proceso de almacenamiento, se pudo evidenciar que la muestra MN (cuatro semanas,) es la que tiene mayor aceptación por los jueces con un valor de 8,6 y la muestra MM (seis semanas) con 7,6. Realizado la prueba estadística, se pudo observar que $F_{cal}<F_{tab}$ (5,00<5,12), lo que no existe evidencia estadística de variación entre las muestras para una $p<0,05$. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra MN cuatro semanas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio experimental de otro tipo de cereales en grano, como ser quinua, amaranto y trigo integral, para la elaboración de barras energéticas, con el propósito de mejorar la cantidad de proteína y fibra dietética.
- Se recomienda elaborar un estudio a nivel de planta piloto, para la implementación de una planta procesadora de barras energéticas con okara, avena y arroz inflado. Con el fin de generar valor agregado en este tipo de cereales que tiene la región y de esta manera coadyuvar al desarrollo agroindustrial del departamento de Tarija.
- Se recomienda, realizar estudios de asimilación de las barras energéticas enriquecidas con okara, avena y arroz inflado en niños de etapa escolar; con la finalidad de poder evidenciar la calidad nutritiva/energética y sus posibles aplicaciones en personas que sufren desnutrición proteica y calórica.