

**DESARROLLO DE UNA BARRA NUTRITIVA DIRIGIDA A
NIÑOS DE EDAD ESCOLAR**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Alimentos y Nutrición

**DESARROLLO DE UNA BARRA NUTRITIVA DIRIGIDA A
NIÑOS DE EDAD ESCOLAR**

ROSALINA AYALA PARADA

Trabajo de graduación presentado para optar al título de Ingeniera
en Ciencias de los Alimentos en el grado de Licenciado.

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Guatemala
1997

Ricardo Bressani

Vo.Bo. Dr. Ricardo Bressani
Asesor de tesis

Tribunal examinador:

Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani

Patricia Palacios de Palomo
Lic. Patricia Palacios de Palomo

Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 19 de marzo de 1,997

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María.

A mis padres.

A mis familiares y amigos.

En especial a mi abuelo

Porfirio, por todo lo que

fulmos y vivimos.



AGRADECIMIENTO

**Al Doctor Ricardo Bressani,
que con su apoyo y experiencia
hizo que este trabajo fuera
posible y se realizara con éxito.**

CONTENIDO

	Página
Resumen	ix
I. Introducción	1
II. Antecedentes	
A. Estudios de referencia	2
B. Descripción de ingredientes	3
III. Justificación	12
IV. Objetivos	13
V. Hipótesis	14
VI. Materiales y métodos	15
VII. Diseño experimental	20
VIII. Resultados y discusiones	21
IX. Conclusiones	39
X. Recomendaciones	41
XI. Bibliografía	43
Apéndices	45
A. análisis sensorial	45



RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito desarrollar un "snack" tipo barra que, además de aportar calorías, fuera un suministro adecuado de proteínas de buena calidad nutritiva. Usando la línea de flujo mostrada en la sección de metodología, se prepararon 12 formulaciones 1-6 a y 1-6 s con igual cantidad de cereales (43%), en un caso harina de arroz y en el otro sorgo, agregándoles avena (17%), soya (20%) y diferentes oleaginosas: ajonjolí, marañón y pepitoria, en un 20% al agregar sólo una y 10% al utilizar combinaciones de dos de ellas. Para su aglutinación se emplearon materias grasas y un edulcorante natural (jarabe de azúcar). A las materias primas y a los "snacks" con mayor aceptabilidad se les hizo análisis químico proximal, según AOAC.

Los snacks se evaluaron sensorialmente para establecer qué formulaciones gozaban de mayor aceptación. La aceptabilidad de las Barras 4s y 2 a fue de 91.67 % con 0.0 % de rechazo, 1 s, 4 a y 6 a obtuvieron igual aceptabilidad 83.33 %.

El contenido de proteínas fue superior en 2 y 6 a, mientras que para 1 y 4 s no llegó a 12 %, por lo que se agregó concentrado de proteína de soya. Con esto se obtuvieron valores de 12.5 y 15.5 % para las barras 1s y 2 a, respectivamente. Las cuatro barras proporcionan un buen aporte calórico (433-451 calorías / 100 g). Se encontró que la digestibilidad aparente varió entre un 72 - 81 %. El contenido teórico de aminoácidos esenciales disponibles en las barras seleccionadas fue superior al valor de referencia dado por el patrón FAO/OMS (1985) en la mayoría de los casos, siendo la lisina el aminoácido limitante.

Para determinar la estabilidad de las barras durante el almacenamiento acelerado, estas se conservaron en estufa a 37°C por 15 días. Se analizaron cada 5 días para medir la evolución de la humedad, desarrollo de peróxidos y se controló sensorialmente la aparición de rancidez. En el almacenamiento acelerado, la humedad disminuyó hasta llegar su menor valor, excepto para 6 s. Las barras elaboradas a base de harina de arroz presentaron valores menores de humedad comparadas con las de sorgo expandido.

El contenido de peróxidos aumentó gradualmente hasta llegar a los 15 días a sus valores más altos (no sobrepasaron los 12 meq/kg). El aroma a rancio no siguió un patrón común en las 4 barras, ya que 4 s, 2 y 6 a tuvieron los valores más altos a los 15 días, mientras 1 s lo tuvo a los 5 días.

El costo de las barras elaboradas a base de harina de arroz (Q 0.29-0.43) fue superior al de las de sorgo (Q 0.24 -0.34).

En síntesis, se puede decir que se logran productos nutritivos de buena aceptabilidad y precio elaboradas con materias primas naturales disponibles en nuestro medio.

I. INTRODUCCIÓN

El término "snack" es difícil de definir y caracterizar debido al gran número y variedad de estos productos que se están elaborando actualmente. La pregunta es, ¿Dónde están los límites entre estos productos y otros alimentos. En general se acepta que los "snack" deben ser fáciles de manipular, constituir porciones individuales, no requerir preparación y satisfacer el apetito en corto tiempo. Debido al aumento en cuanto a su popularidad y variedad se están desarrollando permanentemente nuevas ideas y tendencias.

La demanda por estos alimentos de aspecto y sabor atractivos ha crecido explosivamente a nivel mundial. En Europa y Estados Unidos, las características anteriormente mencionadas van unidas al buen aporte nutritivo y la posibilidad de reemplazo de una comida formal.

Por muchos años, los "snacks" no se han considerado como comida verdadera y se ha hecho énfasis en su escaso o ningún valor nutritivo, aunque existe la tendencia a producir snacks naturales con alto contenido de calorías y proteínas.

Lo anterior se debe a que los niños prefieren los snacks, y producir snacks nutritivos, es decir con alto contenido de proteínas, energía y otros nutrientes, puede jugar un rol muy importante en su desarrollo físico y mental.

Las barras de cereal están incluidas dentro de la categoría de comida tipo "snack", por lo que elaborar una barra nutritiva dirigida al niño de edad escolar puede contribuir a mejorar su ingesta calórico-proteica. Aunque los cereales son ricos en calorías, su valor proteínico es bajo y no suplen debidamente al individuo de todos los aminoácidos esenciales necesarios en la dieta. Ciertas combinaciones de cereales y leguminosas pueden dar como resultado un producto con las características deseadas, ya que las leguminosas son una buena fuente de lisina y proteína total, mientras que los cereales son mejor fuente de aminoácidos azufrados, pero con bajo contenido de lisina y proteína total.

El uso de cereales y oleaginosas, junto a materiales grasos y edulcorantes naturales, aportan las características nutritivas y de sabor deseadas.



II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. Estudios de referencia

Estévez et al (6) formularon 6 tipos de barras tipo snack que contenían avena, trigo y dos diferentes niveles de nueces, todo esto aglutinado con edulcorantes naturales y materiales grasos. Dos de estas formulaciones además contenían amaranto; una tostado y la otra expandido. Las barras preparadas pesaron aproximadamente 30 g. Se examinó la contribución calórica de la proteína, actividad de agua y humedad, calidad nutricional (PER & NPR), análisis proximal, evaluación sensorial y se determinó la estabilidad de las barras durante almacenamiento acelerado.

El método de preparación fue el usado por Escobar et al (7) y el tiempo de secado fue de 45 minutos a 120° C. Como resultado se obtuvo una mayor preferencia por las barras con mayor contenido de nueces (18%). Las diferencias en actividad de agua, contribución calórica, PER y NPR no fueron significativas. Durante el almacenamiento, la humedad y Aw disminuyó en todas las barras. Los peróxidos se mantuvieron en rangos aceptables y la aceptabilidad basada en la evaluación sensorial fue mayor en la barra con amaranto tostado.

Finalmente concluyeron que se puede utilizar maní en la elaboración de barras tipo snack con buena calidad nutricional, sensorial y estables durante su almacenamiento (6).

Escobar et al (7) propusieron dos mezclas CM1 y CM2. La primera contenía avena, germen de trigo y maní (1:1:1); y la segunda: amaranto, extruido de trigo, avena, germen de trigo y maní (1:1:2:2:3). Utilizaron edulcorantes naturales para aglutinarlos, y aceite de maravilla y lecitina como ingredientes grasos. Ensayaron tres tiempos de secado 15-30-45 min. a 120° C. A las barras obtenidas se les hicieron análisis químico según AOAC, midieron humedad y Aw, realizaron el cálculo teórico de aporte calórico y la evaluación de la calidad sensorial (7).

Las barras mejor calificadas fueron las secadas por 30 min. El contenido de proteínas fue mayor en CM1 (14.2%) y la CM2 contenía más fibra (2.3%). Ambas presentaron buen aporte calórico 445 kcal y 441 kcal, respectivamente. Los valores de Aw 0.59 y 0.61 dificultan el desarrollo de microorganismos. CM2 tuvo mejores perspectivas desde el punto de vista sensorial con 0% de rechazo (7).

Escobar et al (8), usando la línea de flujo diseñada por ellos mismos en un estudio previo (7), elaboraron 3 tipos de barras con diferentes niveles de: avena tostada, germen de trigo tostado y amaranto dilatado, CM3A (12-12-6%), CM3B (12-6-12%) y CM3C (6-12-12%), respectivamente. Además contenían maní, extruido de harina de trigo y cobertura de caramelo. Utilizaron los mismos aglutinantes que (7). A las materias primas y a las barras les realizaron análisis químico proximal y a las últimas las evaluaron sensorialmente (8).

La estabilidad de las barras durante almacenamiento se determinó conservándolas por 15 días en estufa a 37° C, se analizaron cada 5 días para medir A_w , humedad y desarrollo de peróxidos, y se controló sensorialmente la aparición de rancidez. La formulación CM3B, que contenía el menor porcentaje de germen de trigo y un 12% de amaranto dilatado, presentó la mayor aceptabilidad sensorial y mayor estabilidad en el almacenamiento acelerado (8).

Bressani y Tuna (3) evaluaron la composición química y la calidad proteínica del sorgo reventado a través de un proceso térmico en seco. Los resultados químicos indicaron pérdidas en extracto etéreo y un aumento en fibra cruda. Para corregir la pérdida de calidad proteínica, el sorgo expandido fue suplementado con 5,10 y 15% de soya tostada.

Con 15% de grano de soya se encontró un aumento estadísticamente significativo en NPR, equivalente a 74.5% del valor de caseína. Con base en estos resultados se formuló una mezcla de 36% de sorgo reventado, 10.5% de soya entera tostada, 3.5% de ajonjolí sin cáscara y 50% de azúcar morena. La relación 3 a 1 entre la soya y el ajonjolí fue de mejor calidad proteínica que sólo soya o sólo ajonjolí. Este producto contenía 7.8% de proteína y 5.0% de grasa (3).

B. Descripción de ingredientes

Cereales

Los cereales constituyen la fuente más importante de calorías. Se consumen en forma natural o ligeramente modificada como artículos básicos de la dieta y se convierten mediante el procesamiento en gran número de ingredientes.

En escala mundial, el arroz es la cosecha de cereales más importante, ya que constituye el alimento principal de más de la mitad de la población del mundo.

Los principales cereales cultivados en Guatemala son: maíz, trigo, sorgo y arroz. Estos contienen de 10 a 14 % de humedad, de 58 a 72% de carbohidratos, de 8 a 13% de proteínas, de 2 a 5% de grasas, y de 2 a 11% de fibra no digerible. También contienen aproximadamente entre 300 y 350 cal por 100 gm. Aunque estos son índices típicos, las composiciones pueden variar ligeramente, de acuerdo con las variedades del cereal en cuestión, las condiciones geográficas y otros factores (12).

Arroz

El arroz, *Oryza sativa* L., ha sido uno de los productos de grano de uso más común desde tiempos remotos (5). A diferencia del trigo, la mayor parte del arroz se consume en forma de granos intactos, desprovistos de la cáscara y el germen. Por consiguiente, la operación de molienda tiene que hacerse de manera que no separe el núcleo endospermico del grano (12).

El arroz inflado se prepara a partir de arroz crudo molido, casi siempre del tipo de grano corto. Con frecuencia se trata de arroz hervido y jarabe de azúcar con sal adicionada y la mezcla se cuece durante 5 h aproximadamente bajo una presión de 15 lb de vapor. Antes del cocimiento, se agregan jarabe de malta no diastático e ingredientes enriquecedores. Los aglomerados de arroz cocidos se quelebran, se secan hasta un contenido de humedad final del 25 al 30% y se templan. Se da un calentamiento adicional a la masa de grano mediante calentadores. Luego se pasan a través de los rodillos para hojuelas y por hornos de tostado para asegurarse de obtener el efecto de inflado. La Kellogg Co., fabrica un cereal llamado "Special K" que básicamente es un grano de arroz cocido que se recubre, al estar húmedo, con gluten de trigo, harina de germen de trigo, leche descremada seca, levadura de cerveza y otros aditivos nutricionales. Finalmente, el material se hace reventar en un horno. La expansión del producto también puede lograrse por medio de pistolas en lugar de hornos.(5)

Avena

El contenido de proteínas de la avena limpia puede variar de 13 a 22%, dependiendo de la variedad del cultivo y de las prácticas de fertilización que se utilicen. En todo caso, la avena contiene la mayor proporción de proteínas que cualquiera de los otros cereales (5).

La mayoría de las proteínas de la avena es del tipo de la glutelina, que constituye aproximadamente del 65 al 70% de las proteínas totales. La porción de las proteínas de la avena soluble en etanol al 70% es inferior al 15% de las

proteínas totales. Por lo tanto, la avena contiene mucho menos prolamina que los otros granos de cereales. El resto de las proteínas de la avena está constituido, aproximadamente, por el 15% de albúminas y por el 15% de globulinas (5).

La avena no sólo contiene el mayor contenido de proteínas en comparación con otros cereales, sino también las proteínas de mejor calidad. La calidad de las proteínas es tal que los valores de la ración de eficiencia de proteína normal (PER) son de 2.2 en el rango completo de valores de las proteínas totales que se observan en este cereal. Los aminoácidos limitantes para el crecimiento o la deficiencia del alimento son: lisina, metionina y treonina. En una dieta en la cual la avena sea la única fuente de proteínas, la suplementación apropiada con estos tres aminoácidos puede hacer que el valor dietético de las proteínas sea igual a la de un huevo, o en otras palabras, alcanzar un PER aproximado de 4, que es el valor que se conoce (5).

La avena se cultiva en dos variedades, la que se siembra, tanto en primavera como en invierno, siendo la primera el tipo predominante. El contenido de lípidos en ambas variedades son muy similares y el ácido linoleico constituye del 40 al 45% de los ácidos grasos totales, seguido por el oleico, del 25 al 30%, y del palmítico, del 15 al 18%, siendo los restantes el esteárico, el linoléico y el láurico. El contenido de lípidos es una característica de la variedad y no se ve afectado por las condiciones climáticas o las prácticas agrícolas (5).

Sorgo

El sorgo es un miembro de la familia *gramineae* y del género *Andropogoneae*. Los sorgos de importancia comercial son: el *Sorghum bicolor* L. Moench. Se usa el término sorgo para referirse a los granos o cariósides producidos por la planta. En los Estados Unidos se conocen los términos populares "Milo" y "Sorgo de grano" (5).

El sorgo, comercial es un grano o cariósido. La cariósido de sorgo comercial varía en tamaño de 8 a 35 mm; en la mayoría de las variedades comerciales, 1 lb está formada por 12 a 30 mil granos. La forma puede ser ovoide o elipsoidal. Los granos son esféricos aplanados de 4.0 mm de longitud por 3.5 mm de ancho y 2.5 mm de espesor: todos los granos individuales de las variedades de sorgo común pesan de 20 a 32 mg (5).

Botánicamente, el grano de sorgo es un fruto seco, de una sola semilla. La cariósida está compuesta por tres porciones principales: la cubierta externa (pericarpio), el tejido de almacenamiento (endospermo) y el germen. El endospermo harinoso forma la mayor parte del grano de sorgo. Casi 80% de las proteínas totales se localiza en el endospermo, en tanto que el germen contiene 85% de la grasa. (5).

En varias regiones de América Central, particularmente en las zonas agrícolas con poca precipitación pluvial, se cultiva el sorgo blanco. Este cereal lo utiliza el agricultor para extender el maíz en la preparación de la tortilla, sin embargo, le dan otros usos como harina en la panificación o como grano reventado en la preparación de lo que se conoce como "alboroto". Esta preparación se hace con el grano de sorgo reventado al cual se le mezcla miel o sirope de azúcar, con lo cual se logra unir los granos y darle forma al producto.

Frecuentemente se le agregan pequeñas cantidades de maní, semillas de ayote (*Cucurbita*) o ajonjolí, que lo hace más atractivo y agradable al paladar. Asimismo, la adición de estos productos al sorgo aumenta su valor nutritivo (4).

Cereales Inflados

Los cereales pueden inflarse por medio de "pistolas", en hornos o por extrusión. Se llama "pistola" a este equipo porque se utiliza para la expansión del grano cocido y se asemeja a un antiguo cañón. Consta de un cilindro horizontal que gira sobre su eje y donde hay quemadores de gas, o de otro tipo, colocados para calentar el exterior del cilindro, y medios para inclinar el cilindro, para cargarlo y descargarlo. Un extremo está permanentemente cerrado y el otro tiene una placa que lo cierra y está equipado con una puerta que se abre en forma instantánea. La masa de grano gira dentro del cilindro y se calienta en unos cuantos minutos; es presurizada por el aire caliente y por el vapor de su propia humedad. Cuando se obtiene la presión apropiada (en el intervalo de 90 a 250 psig), la puerta se abre y el contenido sale, los trozos de cereal se expanden por la volatilización súbita de la humedad interna. Si se controla la gelatinización y la humedad adecuada antes de esta expansión, el grano permanece expandido durante el enfriamiento y el secado final.

Las condiciones exactas de la etapa de expansión tiene efectos importantes sobre el sabor y la estabilidad del producto; dentro de la pistola se alcanzan temperaturas superficiales de 180° C, o más y la temperatura del producto aumenta muy rápidamente en los últimos momentos del ciclo de la

pistola. El tiempo de descarga debe controlarse a unos cuantos segundos para evitar la subexpansión, o bien que se quemé el producto (9).

La expansión en hornos se utiliza en algunos productos, principalmente arroz. Los granos se cuecen a presión, a un contenido de humedad aproximado de 30%, con azúcar, sal y otros ingredientes. Después de secar hasta 15% de humedad y "templar" o mantener la temperatura, los granos se sujetan a la acción de aire caliente. Es necesario alcanzar temperaturas de 173 a 318 ° C y hacer girar el producto o someterlo a la acción del flujo de aire hasta velocidades cercanas a las de la fluidización: la velocidad de transferencia de calor debe mantenerse lo suficientemente alta para que se produzca la expansión y no un simple secado. Se utilizan hornos en forma de un tambor horizontal perforado que gira. La expansión se lleva a cabo en unos cuantos segundos, pero el producto se deja en el horno durante más tiempo para completar el secado y el desarrollo del sabor. Es importante controlar con exactitud el tiempo de residencia porque el producto se oscurece con rapidez a medida que se detiene el enfriamiento evaporativo, lo que permite que la temperatura del producto se eleve (9).

Varios productos inflados de cereal se preparan por un proceso relacionado muy de cerca con la expansión en hornos. Se mezclan, en forma continua, ingrediente granulados o harinosos y se humedecen en atmósfera de vapor bajo presión, se extruyen para formar un filamento, se seca su superficie, se cortan en tamaños apropiados y se hacen caer en una corriente de aire caliente para expandarlos bajo condiciones de flujo de aire.

Se han desarrollado procesos para la extrusión y expansión de cereales en una sola etapa. Se utiliza un extrusor de alta potencia. Si la energía mecánica de la alimentación es suficiente, la presión y la temperatura se elevan bastante para expanderse al disminuir la presión en la salida del extrusor. La pasta puede cortarse en la cara del dado de extrusión, o bien transportar el filamento para ser enfriado y secado antes de cortarlo (9).

Cereales en hojuelas

La mayoría de cereales en hojuelas se obtienen cociendo el grano entero o los trozos de grano con saborizantes como azúcar, sal y malta, secando hasta alcanzar un estado rígido, pero ligeramente plástico; las hojuelas se forman por el paso de los granos entre rodillos, tostado y secando hasta alcanzar la humedad final (5).

Cereales rallados

La lámina de cereal rallado permite formar trozos de cereal más pequeños, de unas cuantas capas de espesor. Esto se ha utilizado en el maíz, trigo y arroz. A estos granos se les da sabor con azúcar, sal, malta y otros ingredientes y se cuecen aproximadamente en la misma forma que se haría para las hojuelas. La lámina rallada se utiliza también para mezclas crudas o ligeramente cocidas de harina con proteínas y otros ingredientes (5).

Tabla No. 1

Composiciones típicas de cereales en porcentajes

Grano	Humedad	Carbo- hidratos	Proteína	Grasa	Fibra no digerible	Calorías (por 100 gr.)
Avena	13	58	10	5	10	317
Sorgo	11	70	12	4	2	348
Arroz	11	65	8	2	9	310

(12)

Leguminosas

Las leguminosas siguen a los cereales en importancia como fuentes de alimento para el ser humano. Se asemejan en valor proteico a la carne de los animales. La soya es una de las plantas alimenticias más antiguas que se conoce; sin embargo, normalmente no se considera comestible sino hasta después de haber sido procesada. La semilla es la más rica en valor alimenticio de todos los vegetales que se consumen en todo el mundo (5).

La nuez es fruta de una sola semilla, con una cáscara dura. Otros tejidos de planta pueden llamarse también nueces, como por ejemplo, las nueces del Brasil (semillas), los cacahuates (leguminosas), o las nueces como el coco y las almendras (frutas secas). Pueden distinguirse tres tipos de nueces: las que tienen un alto contenido de grasa, aquellas con un alto contenido de proteínas y alto contenido de carbohidratos. Las nueces con alto contenido de grasa son las del Brasil, el anacardo (cashew), el coco, las patanas y las nueces. Las de alto contenido de proteínas son las almendras, la nuez de Haya y los pistaches. Las de elevado contenido de carbohidratos son las bellotas y las castañas (5).

Soya

Aunque la soya entera contiene aproximadamente 40% de proteínas, se consume en muy pequeña cantidad en los productos alimenticios de los Estados Unidos, en ellos se incluye la soya enlatada, en salsa de tomate y la soya verde enlatada. También existen fórmulas infantiles basadas en leche de soya y bebidas preparadas extrayendo las proteínas, el aceite y los compuestos solubles en agua. Desde hace varios años se ha conocido la soya tostada que se consume como refrigerio. También se introdujo otro producto similar a las mitades de cacahuate ligeramente tostado. Se prepara por lixiviación y maceración de la soya, seguida por extracción de la capa de la semilla y un proceso de secado que disminuye el encogimiento de los cotiledones expandidos. Este producto se presenta en mitades, en forma de dados o como harina, principalmente se utiliza en productos horneados, dulces, galletas, helados y nueces saladas.

En la actualidad, cada vez es más importante el uso de las proteínas de soya con propósitos nutritivos; por ejemplo de esta aplicación se encuentran los suplementos de cereales, los ampliadores para carne y las imitaciones de carne (5).

Otros Ingredientes

Ajonjolí

El ajonjolí (*Sesamun indicum*) es originario de Indonesia, y de allí se propagó a países de clima cálido como China, Guatemala, Kenya, El Salvador y el sur de los Estados Unidos. Es utilizado en la industria panadera, en manufactura de aderezos de ensalada y en la extracción de aceite (11).

La semilla del ajonjolí es de color crema y tiene tamaño máximo de 3.5 mm de largo. Tiene un aroma y sabor leve a nuez que se acentúa al ser tostada y horneada (11).

La composición aproximada de 100 gramos es la siguiente:

Agua 9 gr, energía 272 kcal, proteína 6.7 gr, grasa 5.9 gr, carbohidratos 68.7 gr, fibra 15.3 gr (11)

Pepitoria

La pepitoria es la semilla que se obtiene de una variedad específica de las cucurbitáceas *Cuburbia moschata* Poir. Esta especie se encontraba ampliamente distribuida por norte y sur América en épocas pre-colombinas. La distribución actual de *Cuburbia moschata* va desde México y Guatemala hasta Panamá, extendiéndose a Colombia y Venezuela (15).

Existen dos tipos de cultivos de estas especies, diferenciados por el color de la semilla y la localización de las mismas. Un grupo tiene semilla color claro o blanco y se cultiva en México y Guatemala; el otro, es de semillas cafés y colores oscuros, se encuentra en Panamá y el norte de Sur América (15). Ha habido un número aislado de investigaciones acerca de la composición química de las semillas de la calabaza. Unos han sido realizados con fines académicos; otros se han llevado a cabo con el propósito de usar la semilla o los productos de la misma en la industria, para alimentación humana y animal (15).

La semilla de la calabaza contiene 30% de proteínas y 46% de grasa (15). Se utiliza en Guatemala para la elaboración de la pepitoria. La semilla es secada y descascarada, luego se pone en remojo por 24 horas o más con el fin de suavizarla y eliminar más fácilmente la piel verde-grisáceo. Este procedimiento se lleva a cabo frotándola con cenizas y de esta forma se obtiene la materia prima para la elaboración de "mazapán" y el dulce típico conocido como "pepitoria".

También se puede utilizar sin eliminar la piel, lo que simplifica el proceso, ya que el almibar que recubre el dulce disimula el color de la piel de la semilla. La semilla sin piel se requiere en la elaboración de dulces como el mazapán, ya que el color de la piel sí afecta al producto final, siendo más agradable un mazapán claro y no uno grisáceo. Otras aplicaciones de la pepitoria son: uso de pepitoria dorada y luego molida como condimento en recados o salsas. Los chinos consumen la semilla de una forma similar al consumo de manís u otras nueces, descascarándola con los dientes (16).

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se hace necesario identificar nuevas formas de alimentos de alto valor nutritivo que puedan satisfacer las necesidades de la población. Los niños que van a la escuela necesitan de alimentos con alto valor nutritivo que llene o cubra en gran parte los requerimientos diarios de energía, proteínas y otros nutrientes.

Actualmente se consumen muchos tipos de "snacks" que no tienen ningún valor nutricional, por lo que contar con una barra nutritiva de sabor agradable, fácil masticación, junto con el buen aporte nutritivo y la posibilidad de reemplazo de una comida formal, será de gran aporte para el desarrollo físico y mental de los escolares. Además vendrá a colaborar con el ama de casa ya que no necesita ser preparada ni presenta los inconvenientes de la comida preparada, muchas veces perecedera en corto tiempo.

Se elaborará con materiales disponibles en el país, por lo que se podrá producir en cualquier industria alimenticia que cuente con el equipo industrial necesario para su producción en gran escala.

IV. OBJETIVOS

A. General

Elaborar un alimento tipo barra de alto valor nutritivo dirigido al niño de edad escolar, con alto contenido proteico-calórico y otros nutrientes.

B. Específicos

1. Desarrollar varias formulaciones para la elaboración de un "snack" tipo barra con un contenido no menor de 12% de proteínas y 450 calorías/100 g, utilizando mezcla de cereales, oleaginosas, edulcorantes naturales e ingredientes grasos.
2. Realizar pruebas sensoriales para determinar cuál de las formulaciones goza de mayor aceptación.
3. Buscar mecanismos para darle una estructura compacta, de partículas grandes, suave y de fácil masticación, que tenga buenas características químicas y organolépticas
4. Caracterizar física y químicamente las formulaciones con mayor aceptación.
5. Estudiar el comportamiento químico de las barras nutritivas durante su almacenamiento.
6. Calcular su costo expresando el precio por unidad de nutrientes.

V. HIPOTESIS

La combinación de cereales expandidos con semillas oleaginosas debidamente procesados nos da un alimento tipo "snack" de alto valor nutritivo, vida de anaquel aceptable y buenas características organolépticas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

1. Materia prima

- Avena
- Cereal expandido: arroz o sorgo
- Oleaginosas: soya, ajonjolí, pepitoria y semilla de marañón.
- Edulcorantes: jarabe de azúcar.
- Ingredientes grasos: aceite de ajonjolí y lecitina .

2. Reactivos, cristalería y equipo de laboratorio

a. Cristalería básica

Mortero
pinzas de metal
Papel filtro
6 Balones Erlenmeyer de 500 ml
Espátula
4 Probetas graduadas de 50 ml
Bureta 50 ml
Varilla de agitación
Soportes de metal
Anillos de metal

b. Análisis de grasa

Extractor tipo Soxhlet
Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
Eter etílico

c. Análisis de proteína

Matraces Kjeldahl de 500 a 800 ml.
Aparato de destilación
Aparato de digestión
Acido Sulfúrico concentrado
Pastillas Kjeldahl
Solución de hidróxido de sodio al 30% (p/v) en agua
Solución de ácido sulfúrico 0.1 N
Solución de hidróxido de sodio 0.1 N

d. Análisis de humedad

Horno secador

Recipientes de aluminio con tapadera de 55 mm diámetro
Desecadora

- e. Cenizas
Horno de mufla eléctrico
Cápsulas de Incineración
- f. Análisis sensorial
Servilletas de papel
vasos y platos plásticos

B. METODOLOGÍA

1. Análisis de la materia prima.

Análisis proximal del sorgo y arroz expandidos, avena, soya, ajonjolí, marañón y pepitoria, el cual incluye:

- Humedad según método 14.004 AOAC.
- % de proteína cruda, según método oficial de la AOAC 14.026.
- Grasa según método Soxhlet descrito en la AOAC 7.055 (1).

2. Formulación de las barras.

Como cereal expandido se utilizó el sorgo y la harina de arroz, combinados con oleaginosas, cuya composición parcial se muestra en la Tabla No. 2

Tabla No. 2
Composiciones de cereales y oleaginosas

Grano o cereal	Lisina (mg/100g)	Metionina (mg/100g)	%proteína	% grasa
Soya	2653	525	34.1	17.7
Marañón	942	309	15.2	37.0
Ajonjolí	585	602	22.4	50.9
Pepitoria	1508	617	30.3	45.8
Avena	517	230	16.2	6.3
Sorgo			8.8	3.2
Arroz	255	150	6.4	0.4

Estos datos permitieron las formulaciones tentativas que se muestran a continuación :

Tabla No. 3
Formulación de barras nutritivas

Formulación	PORCENTAJE (%)					
	1	2	3	4	5	6
Cereal	43	43	43	43	43	43
Avena tostada	17	17	17	17	17	17
soya	20	20	20	20	20	20
ajonjolí	20	0	0	10	10	0
marañón	0	20	0	10	0	10
pepitoria	0	0	20	0	10	10

Justificaciones a las formulaciones

- Mezclas de 60-80% de cereal combinadas con 20-40% de oleaginosas dan como resultado productos de alto valor proteínico.
- El hecho de utilizar menos cereales favorece los niveles establecidos en cuanto a proteínas y calorías.
- Con base en el contenido de aminoácidos azufrados, las mezclas serán bastante aceptables en su contenido de lisina; sin embargo las que contienen marañón, posiblemente serán deficientes en aminoácidos azufrados. Esto último se deriva del contenido de aminoácidos azufrados y lisina de los componentes del sistema comparados con el patrón de aminoácidos de FAO/OMS.

Tabla No. 4
Valores de aminoácidos recomendados por el patrón de referencia FAO/OMS

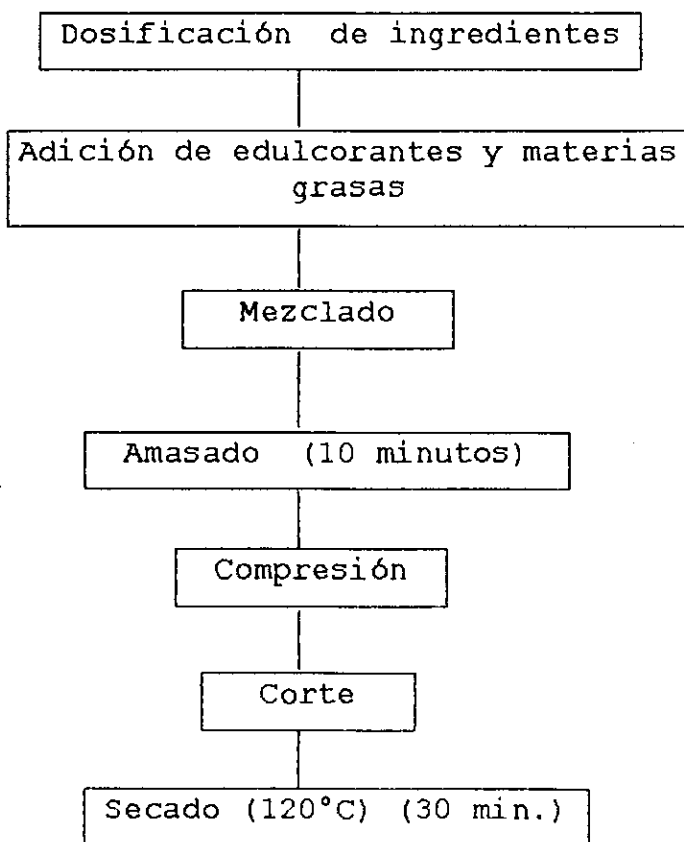
Aminoácidos	Patrón FAO/OMS (1985) mg a.a / g de proteína
isoleucina	28
leucina	66
lisina	58
azufrados	25
aromáticos	63
treonina	34
triptofano	11
valina	55

- Del contenido total de cada formulación se toma 75%, ya que el resto consiste en azúcar y materiales grasos.

3. Preparación de las muestras. Usando el diagrama de flujo diseñado por Escobar et al (6), se elaboraron 12 barras cuya formulación se expone en la tabla No. 3. El cereal, en un grupo de seis, fue el sorgo expandido y harina de arroz en las otras seis. Se les agregó avena tostada (17%), soya (20%) y diferentes combinaciones de ajonjolí, semilla de marañón y pepitoria. En la aglutinación de las barras se empleó un edulcorante naturales en forma de jarabe, además se utilizó lecitina y aceite de ajonjolí como ingredientes grasos.

DIAGRAMA DE FLUJO

ELABORACIÓN DE BARRA NUTRITIVA



4. Evaluación del producto terminado.

Se determinó la aceptabilidad de las barras según escala Hedónica de 5 puntos (1 = me disgusta extremadamente y 5 = me gusta extremadamente); para esto se utilizará un panel entrenado constituido por 12 personas (ver apéndice A).

A los "snacks" con mayor aceptabilidad: dos de las seis opciones utilizando arroz expandido y dos de las elaboradas con sorgo expandido, se les hizo análisis químico proximal, según la A.O.A.C (1).

- Humedad según método 14.004 AOAC.
- % de proteína cruda, según método oficial de la AOAC 14.026.
- Grasa según método Soxhlet descrito en la AOAC 7.055 (1).
- Cenizas según método 14.098 AOAC.
- Fibra cruda según método descrito en AOAC.
- Carbohidratos: se determinarán por diferencia.
- Calorías: se calculan multiplicando el contenido de proteína por 4, el de carbohidratos por 4 y el de grasa por 9.
- Digestibilidad in vitro según método de AOAC.
- Cálculo del contenido de aminoácidos esenciales según el perfil de aminoácidos de la materia prima.

5. Determinación de la estabilidad de las barras durante almacenamiento.

Para determinar la estabilidad de las barras durante el almacenamiento se utilizó almacenamiento acelerado. Para ello se envasaron en celofán y se conservarán en estufa a 37° C por 15 días. Se analizaron cada 5 días y se midió la humedad, el desarrollo de peróxidos, (por liberación de yodo a partir de una solución de yoduro de potasio en ácido acético glacial, expresado como meq/kg de materia grasa); y se controló sensorialmente la aparición de rancidez utilizando una escala de 1-4 puntos (1 = sin rancidez y 4 = rancidez fuerte).

6. Análisis de costos. Se hizo un cálculo del costo aproximado de las barras expresado por unidad de nutriente, basado en cotizaciones de materia prima.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

A. Unidad experimental

Determinación química de los cereales y oleaginosas a utilizar en la elaboración de barras nutritivas. Selección de cuatro de las doce barras formuladas con base en su mayor aceptabilidad a nivel de panelistas: las dos mejor calificadas utilizando como cereal expandido el sorgo, y las dos mejores utilizando arroz expandido. Determinación química, física y de estabilidad durante almacenamiento acelerado de las barras nutritivas seleccionadas.

B. Tamaño de la muestra

Cada muestra se evaluó en todas las pruebas que se encuentran en la metodología. Los análisis se realizaron en triplicado, lo que implica que se procesaron 3 sets de resultados para un total de 96 muestras

C. Análisis estadístico

Los resultados se analizarán por la aplicación de un análisis de varianza (ANDEVA) para diseño completamente al azar, con el fin de determinar si las diferencias encontradas son estadísticamente significativas.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Fase 1 : Preparación y selección de materias primas

Inicialmente se realizaron pruebas con el fin de expandir el sorgo, para lo cual se utilizó una poporopera industrial marca Cretors modelo Giant G3225. Se trató de expandir el sorgo descascarado, pero no fue posible ya que la cáscara permite que al calentarse los granos se acumule presión y se logren expandir.

Luego se molieron en el molino de discos y se tamizaron, utilizándose el producto que quedó en el tamiz de número de mesh 40. Las partículas de mayor tamaño fueron sometidas a una nueva molienda con el fin de obtener el tamaño deseado. El resto de los cereales y granos fueron tostados en horno a 350°C y luego fueron molidos al igual que el sorgo expandido.

Al no contar con el equipo necesario para la expansión de los granos de arroz, se procedió a buscar en el mercado un arroz ya expandido, el cual no se encontró. Por ello se realizaron varias pruebas con un cereal extruido, arroz precocido y harina de arroz. Utilizando la formulación y el procedimiento descrito en metodología se elaboraron barras de prueba.

Con el cereal extruido se obtuvieron barras de consistencia chiclosa debido a que el arroz ya se encuentra muy procesado y el almidón gelatinizado proporciona esa textura.

El arroz precocido fue molido al igual que los otros granos y con él se obtuvieron barras de consistencia desagradable al paladar, ya que las partículas de arroz molido le daban una textura arenosa y áspera. Al utilizar harina de arroz, las barras presentaron una mejor consistencia, la cual se mejoró al agregar lecitina de soya a la formulación.

Fase 2 : Formulación de las barras nutritivas

En la parte de metodología se describen los pasos seguidos para la formulación de las distintas barras, al igual que las justificaciones para las mismas. Lo primero que se tomó en cuenta fueron los resultados del análisis químico realizado a las materias primas. En la tabla No. 5 se presenta la composición química de algunas de las materias primas utilizadas.

Tabla No. 5 : Composición química de materias primas

Muestra	%Humedad *	%Proteína *	% Grasa *
Sorgo	9.48 ± 0.28	8.96 ± 0.07	4.40 ± 0.53
Arroz	6.13 ± 0.77	4.93 ± 0.55	0.14 ± 0.12
Avena	12.11 ± 0.54	11.56 ± 0.72	5.21 ± 0.15
Soya	1.95 ± 0.12	35.76 ± 0.51	17.22 ± 0.21
Ajonjolí	1.79 ± 0.13	21.34 ± 0.28	59.78 ± 0.58
Pepitoria	2.54 ± 0.35	32.24 ± 0.87	46.47 ± 1.04
Marañón	2.62 ± 0.032	16.21 ± 0.43	44.03 ± 0.48

* Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado

El aporte proteico de cada una de ellas, excepto el sorgo y la harina de arroz, es superior a 10 %, que las hace importantes desde el punto de vista nutricional. Las oleaginosas constituyen un suministro adecuado de calorías provenientes de lípidos.

Se realizaron pruebas con el fin de establecer los niveles adecuados de jarabe de azúcar para obtener una barra de buena consistencia y dulzura. El jarabe o "sirope" de azúcar elaborado con 75% de azúcar en agua, la cual se calentó hasta que se disolviera, cristalizó al enfriar debido al alto contenido de sólidos.

Al reducir la concentración a 70% de azúcar se obtuvo un sirope que luego se empleó en la elaboración de barras de prueba. Se utilizó en una proporción 1:1 mezcla seca-sirope (100gramos-100ml). Luego de hornear por 30 minutos a 120°C (250°F), según procedimiento recomendado por (6), descrito en la metodología, se obtuvieron unas barras muy dulces por lo que se procedió a reducir la concentración de sólidos del sirope. Después de varias pruebas se encontró que el sirope más adecuado era el que tenía una concentración de sólidos solubles de 65° Brix.

Las barras de prueba elaboradas con este sirope y con una base de sorgo expandido tuvieron una consistencia agradable al paladar, pero al día siguiente de haber sido horneadas presentaron una textura dura. Lo anterior se atribuyó a que, a pesar del alto contenido de grasa de las oleaginosas utilizadas, era necesario añadir un material graso para mejorar la textura de las barras. Se decidió agregar aceite de ajonjolí en una proporción del 10%, ya que este aceite presenta la ventaja de que previene la rancidez oxidativa debido a que el ajonjolí posee propiedades antioxidantes.

Una vez establecidos los niveles adecuados de sirope de azúcar y de aceite se procedió a la elaboración de las barras. Al realizar las pruebas de selección de materias primas descritas en la fase 1 de esta discusión, se determinó que era necesario agregar lecitina de soya a las barras elaboradas con una base de harina de arroz para mejorar su textura. La lecitina de soya actúa como agente emulsificante y permite que la mezcla agua-aceite sea homogénea y estabilice la emulsión.

Aunque las barras elaboradas a base de sorgo expandido presentaron buena textura, se les agregó la lecitina para mejorarlas aún más y para que al compararlas química y organolépticamente con las que contenían harina de arroz, este factor no introdujera alguna variación en los resultados.

Fase 3 : Aceptabilidad sensorial

El primer paso fue evaluar por separado las barras según la base con que se elaboraron. Para cada base, sorgo expandido (s) y harina de arroz (a), se procedió a dividir las formulaciones en dos grupos: las que contenían una oleaginosa (ajonjolí, pepitoria o marañón) y las que contenían mezclas de dos oleaginosas. Lo anterior se hizo para facilitar la evaluación, ya que se consideró más práctico para los panelistas elegir entre tres muestras y no entre 6. El contenido de cada formulación se encuentra en la tabla No. 3 (metodología).

El procedimiento y las boletas de evaluación utilizadas se encuentran en el apéndice A. Los resultados de la evaluación sensorial de las diferentes barras se muestran a continuación.

Tabla No. 6:

Calidad y aceptabilidad de las barras de sorgo expandido y oleaginosas

	1	2	3	4	5	6
Color/aspecto	4.5	4	4.2	4.6	4.2	4
Consistencia/text ^a	4.8	3	4.5	4.5	3.7	3.5
Dulzura	4.2	4	4.2	4	3.8	3
Sabor	4.4	3.2	4	4.4	4	3.8
Aceptabilidad						
Media (x)	4.25	2.92	4	4.42	3.67	3.67
% Rechazo	8.33	16.67	0.0	0.0	8.33	8.33
% Indiferencia	8.33	16.67	25.0	8.33	16.67	16.67
%Aceptabilidad	83.33	66.67	75.0	91.67	75.0	75.0

^a textura.

* Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos.

Las barras mejor calificadas fueron la 1 s y 4 s, con una aceptabilidad de 83% y 92%, respectivamente. Además presentaron los mejores parámetros de apariencia/color, textura y sabor. El puntaje promedio más alto correspondió a la barra 4s (combinación de ajonjolí y marañón) con 0 % de rechazo; la barra 2s presentó el menor puntaje promedio y las barras 3,5 y 6 s presentaron el mismo porcentaje de aceptabilidad.

Los valores de dulzura se encuentran dentro del mismo rango para todas las barras, excepto la 6 s, que contenía semilla de marañón y pepitoria.

Tabla No. 7:
Calidad y aceptabilidad de las barras de harina de arroz y oleaginosas

	1	2	3	4	5	6
Color/aspecto	4	4.4	4.2	3.8	4	4.4
Consistencia/text ^a	3	4.7	4.5	3.5	3.5	4
Dulzura	3.8	4	3.8	4	3.8	4.2
Sabor	3.2	4.5	4.2	4.3	4	4.5
Aceptabilidad						
Media (x)	2.92	4.42	3.67	3.92	3.67	4.0
% Rechazo	16.67	0.0	8.33	8.33	8.33	0.0
% Indiferencia	16.67	8.33	16.67	8.33	25.0	16.67
%Aceptabilidad	66.67	91.67	75.0	83.33	66.67	83.33

^a textura

* Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos.

Para las barras elaboradas a base de harina de arroz, los puntajes promedio más altos correspondieron a 2a (92%), 4 y 6 a (83%). Las dos seleccionadas fueron la 2 y 6 a, ya que ambas presentaron los puntajes más altos en aspecto, textura y sabor, además de 0.0 % de rechazo. La barra 1 a obtuvo el menor puntaje promedio, mientras que el resto de las barras presentaron promedios de aceptabilidad similares.

Al comparar los resultados obtenidos por las barras 1-6 s y 1-6 a, se puede observar que los valores de aceptabilidad variaron respecto de la base utilizada, ya que sólo en un caso (formulación 3) se obtuvo el mismo %, aunque la media, el % de rechazo y de indiferencia fueron diferentes. Lo anterior se pudo deber a que el efecto en el sabor de la harina de arroz en combinación con las distintas oleaginosas es diferente al que presenta el sorgo expandido. La apariencia de las barras varía, ya que en el caso del sorgo la granulometría es uniforme (mesh 40), mientras que con la harina de arroz, que es el componente en mayor porcentaje (43%), la granulometría de la mezcla no era homogénea.

Como resultado se obtuvo barras de aspecto y textura diferentes, y por ello los resultados de la evaluación sensorial variaron al evaluar estos aspectos.

La dulzura presentó valores similares para todas las barras, incluyendo las de sorgo; esto se debe a que en la formulación de las mismas se empleó el mismo nivel de jarabe de azúcar. En el caso de las barras de sorgo, la barra 6s obtuvo un puntaje que corresponde a la calificación "no gusta, ni disgusta", el cual es inferior al promedio y se puede atribuir a que los resultados obtenidos en una evaluación sensorial son subjetivos, ya que dependen de los gustos y preferencias de las personas. Lo anterior se puede aplicar para todos los aspectos evaluados. Para los fines de esta investigación se realizó esta selección, ya que de esta forma se reducía el número de barras a evaluar químicamente y se determinaba cuáles de las barras gozaban de mayor aceptación.

Una vez seleccionadas la barras se realizó una evaluación enfocada a niños, ya que este producto iba dirigido a ellos, pero primero se necesitaba establecer los parámetros antes evaluados. Para esto se llevó a cabo una prueba de preferencia pareada para detectar si las barras mejor calificadas previamente (4 s y 2 a) contaban con la aceptación de los niños y para evaluar cuál de las dos preferían. La boleta y procedimiento se describen en el apéndice A.

De 35 niños, 20 prefirieron la barra 4s, que contenía ajonjolí y marañón, mientras 15 prefirieron la 2 a que contenía marañón. La probabilidad fue mayor al 0.05 % por lo que la muestra 4s no fue significativamente más preferida que la 2a. Al evaluar la barra 4s se obtuvieron los siguientes resultados:

32 niños respondieron que sí les gustaba, mientras que 3 respondieron que no. La aceptación en este caso fue de un 91% variando solamente en un 1% respecto de la aceptación por parte del panel integrado por estudiantes.

Lo anterior indica que las barras sí fueron del agrado de los niños y que no se detectó una preferencia significativa entre las barras mejor calificadas previamente.

Fase 4: Análisis químico de las barras seleccionadas

En la tabla No.8 se presenta la composición química proximal de las barras mejor calificadas por el panel. Todas las barras tienen un buen aporte calórico debido al nivel de materias grasas y carbohidratos. Los valores se encuentran cercanos al valor deseado (450 calorías/100 gramos).

Tabla No. 8:
Composición química de las barras de cereales y oleaginosas (g/100g)

Muestra	1 sorgo	4 sorgo	2 arroz	6 arroz
Humedad	9.01 ± 0.04	8.21 ± 0.16	5.42 ± 0.20	4.86 ± 0.10
Cenizas	1.15 ± 0.13	1.29 ± 0.02	1.57 ± 0.03	1.68 ± 0.05
Fibra cruda	3.79 ± 0.41	3.40 ± 0.31	3.20 ± 0.33	2.48 ± 0.40
Extracto etéreo	17.69 ± 1.57	17.31 ± 1.71	15.01 ± 1.39	18.68 ± 0.08
Proteínas	9.56 ± 0.35	9.33 ± 0.20	12.49 ± 1.36	12.12 ± 0.25
Carbohidratos ^a	58.8 ± 1.18	60.46 ± 0.98	62.31 ± 1.12	58.5 ± 1.25
Calorías ^o	433	435	434	451

* Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado

^a Por diferencia

^o Por coeficiente de Atwater

El contenido de proteínas es superior en las barras 2 y 6 a, mientras que para las barras 1 y 4 s no se llegó al nivel mínimo deseado (12%). Más adelante (Fase 6) se presentan los resultados obtenidos al incrementar este valor, agregando concentrado de proteína de soya.

Las formulaciones finales de las barras consistieron en lo siguiente:

Para las barras cuya base era sorgo expandido, se mezclaron 100 gramos de mezcla basal con 100 cc. de jarabe de azúcar, 10 cc. de aceite de ajonjolí y 3 cc. de lecitina de soya.

Para las barras elaboradas a base de harina de arroz se mezclaron 100 gramos de mezcla basal con 50 cc. de jarabe de azúcar, 10 cc. de aceite de ajonjolí y 3 cc. de lecitina de soya.

Estas formulaciones explican las diferencias en composición química entre las barras elaboradas a base de sorgo expandido y las elaboradas con harina de arroz. La razón por la cual a estas últimas sólo se les agregó la mitad de jarabe de azúcar, en comparación con las de sorgo, se debió a la poca absorción del jarabe por parte de la harina de arroz. El sorgo expandido se encontraba gelatinizado y por eso absorbió mayor humedad.

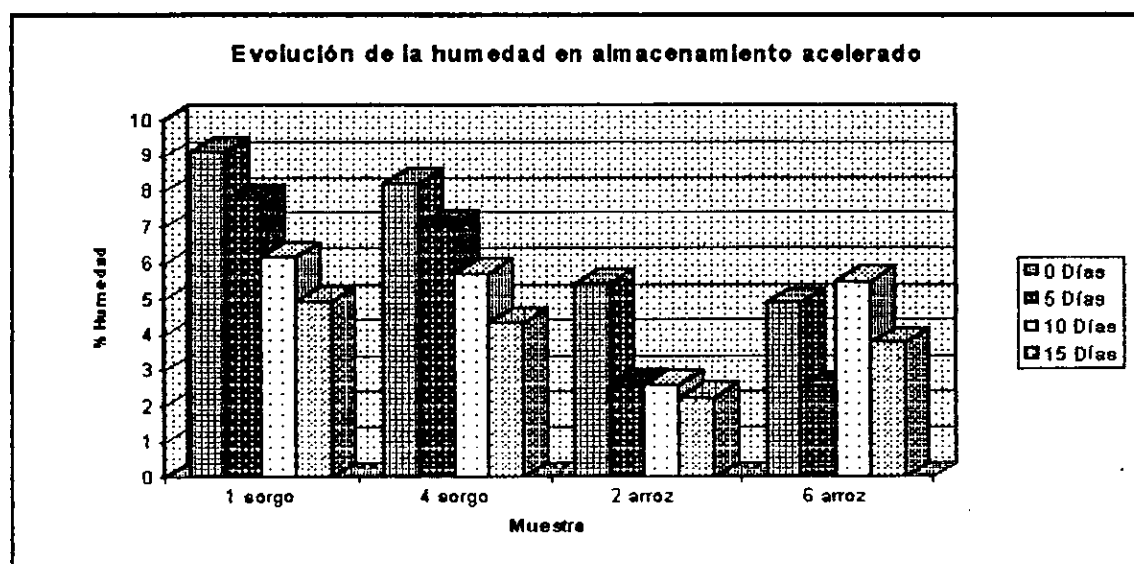
Fase 5: Almacenamiento acelerado

Las barras mejor calificadas, además de ser evaluadas químicamente, se sometieron a almacenamiento acelerado según se describe en la metodología. Fueron empacadas en bolsitas de papel celofán para protegerlas del medio ambiente y prevenir que el intercambio de humedad con el mismo sea mayor, aunque el celofán no constituye una barrera 100 % segura. Este tipo de empaque también ayuda a prevenir la absorción de olores de otros alimentos, en el caso de que las barras se almacenen junto a otros productos.

Respecto de la evolución de la humedad (fig. 1), se pudo observar que en las barras de sorgo siguió un comportamiento semejante al decrecer un 1.5% aproximadamente cada 5 días. En este caso la humedad fue disminuyendo paulatinamente hasta llegar al menor nivel a los 15 días.

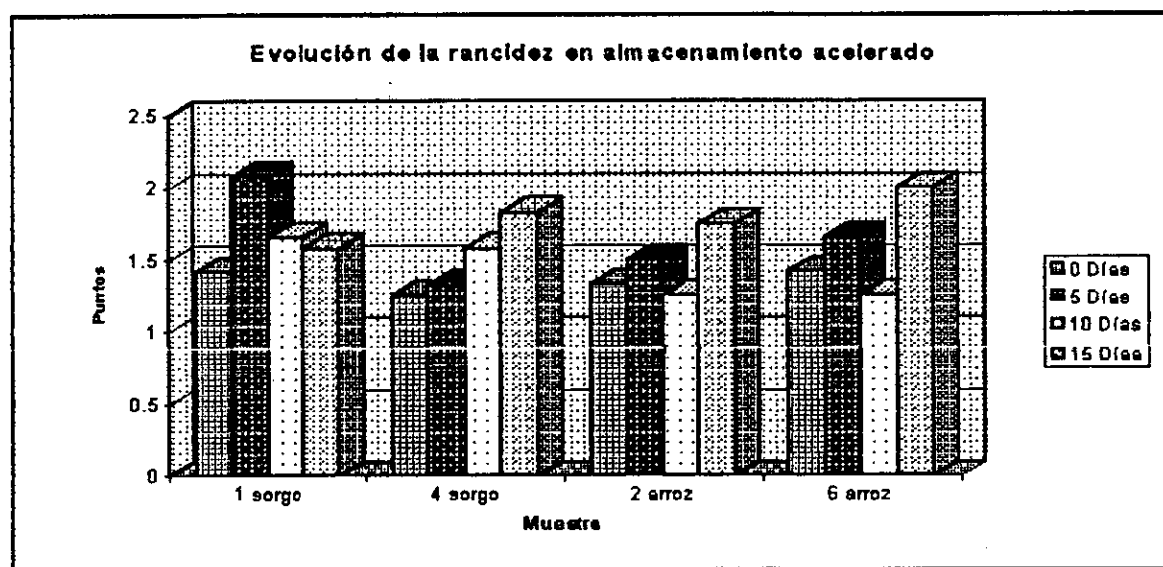
La humedad en las barras de harina de arroz también disminuyó después de 15 días, aunque no de manera uniforme. Ambas presentaron los menores valores de humedad al inicio del almacenamiento comparadas con las barras de sorgo, debido a que éste tiene un mayor contenido de humedad que la harina de arroz (ver tabla No.8).

Figura No.1



La aparición de rancidez sensorial en el almacenamiento (fig. 2) muestra que no hubo un comportamiento común en las cuatro barras, ya que a los 15 días hubo un aumento en los niveles de rancidez sensorial en las barras 4 sorgo, 2 y 6 arroz, las cuales contenían marañón entre otros. En cambio en la barra 1 sorgo el mayor valor de rancidez sensorial se manifestó a los 5 días de almacenamiento con porcentaje superior al de las otras barras en esa misma fecha. A pesar de esto, el mayor puntaje observado durante el almacenamiento acelerado de las barras no superó los 2 puntos que corresponden a una rancidez leve. La boleta de evaluación sensorial utilizada se encuentra en el apéndice A; en este caso la escala hedónica fue de 4 puntos.

Figura No.2



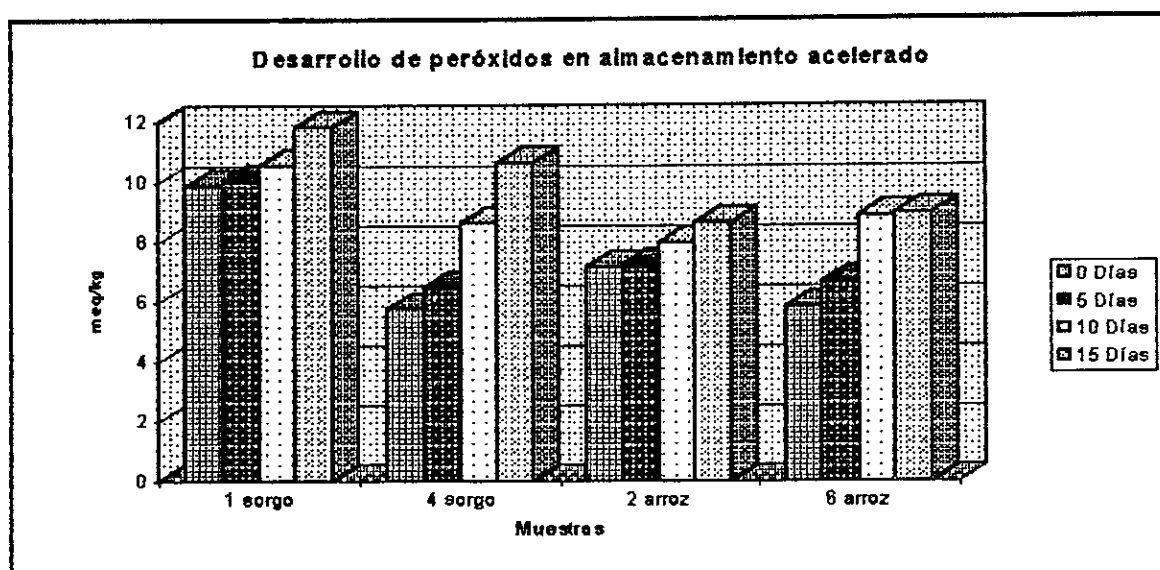
Respecto del desarrollo de peróxidos (fig.3), la barra 1 sorgo presentó los valores más altos, a pesar que contenía una mayor cantidad de ajonjolí (20%). Lo anterior se podría deber a que el ajonjolí que se encontraba en las barras no fue molido ni triturado, por lo que su función antioxidante no se llevó a cabo. Por otra parte, en todos los casos se presentó el comportamiento esperado, ya que los niveles subieron en forma gradual hasta llegar a los 15 días.

Los valores obtenidos están dentro de un rango de normalidad inferior a 20 meq/kg de materia grasa. La barra 4 sorgo presentó el mismo

comportamiento que el observado en la rancidez sensorial; en su formulación esta barra contiene ajonjolí y marañón.

Los mayores niveles finales de peróxidos obtenidos en las dos barras elaboradas a base de sorgo expandido podrían deberse a que para la expansión del sorgo se utilizó una pequeña cantidad de aceite, lo cual pudo influir en el resultado. Este aceite no era de ajonjolí.

Figura No.3



Fase 6: Aumento del contenido de proteína y determinación de la digestibilidad in vitro de la proteína.

Para incrementar el % de proteína se utilizó concentrado de proteína de soya, el cual contiene un 70% de proteína. Se le agregó a las muestras que presentaban un mayor contenido de proteína: 1 sorgo y 2 arroz. A 100 gramos de mezcla se le agregaron 10 gramos de concentrado de proteína y se obtuvieron los siguientes resultados (tabla No.9).

Tabla No. 9:
Valor proteico de las barras 1 sorgo y 2 arroz agregando concentrado de proteína de soya (g/100g)

Muestra	1 sorgo	2 arroz	1 s mejorado	2 a mejorado
% Proteína	9.56 ± 0.35	12.49 ± 1.36	15.17 ± 0.85	17.51 ± 0.33

* Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado

El incremento en el porcentaje de proteína no fue el esperado, ya que teóricamente debió aumentar 7%. Esto se pudo deber a pérdidas sufridas durante el análisis, pues el aumento fue de 5%. Sin embargo se lograron obtener barras con un porcentaje de proteína adecuado y se cumplió con uno de los objetivos de este estudio.

Respecto de la digestibilidad in vitro de la proteína (tabla No. 10), fue superior en las muestras que contenían proteína de soya que en las que no la contenían. Lo anterior se debe a que esta última es una proteína de buena calidad y por lo tanto posee una alta digestibilidad.

Tabla No. 10:
Digestibilidad in vitro de las barras de sorgo y harina de arroz.

Muestra	1 sorgo	4 sorgo	2 arroz	6 arroz	1 s mejor*	2 a mejor*
% Dlg.	77.02	72.42	75.86	71.69	79.79	80.92

* Barras con un 10 % de proteína de soya

Fase 7: Cálculo del contenido de aminoácidos esenciales de las barras.

Se calculó el contenido de aminoácidos esenciales de las barras según el perfil de aminoácidos de la materia prima utilizada (tabla No. 11) y se comparó con los valores de referencia dados por la FAO/OMS. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla No. 11: Contenido de aminoácidos esenciales de la materia prima utilizada (gramos de aminoácido/100 gramos del alimento).

M.P / A.A	isoleucina	leucina	lisina	azufrados	aromáticos	treonina	triptofano	valina
Sorgo	0.58	1.36	0.26	0.30	0.69	0.44	0.11	0.58
Harina (arroz)	0.33	0.62	0.28	0.28	0.67	0.24	0.10	0.50
Avena	0.70	1.24	0.58	0.67	1.43	0.56	0.20	0.92
soya	1.78	2.84	1.90	1.17	3.22	1.49	0.45	1.76
ajonjolí	0.93	1.54	0.64	0.90	1.97	0.91	0.29	1.11
marañón	1.16	1.44	0.75	0.83	1.58	0.70	0.45	1.51
pepitoria	1.855	2.60	1.51	0.617	1.868	0.997	0.597	1.792

(13)

En la tabla No.12 se muestra el contenido de aminoácidos por el porcentaje de materia prima utilizada en cada formulación y en la parte inferior de la tabla se presentan el contenido total de aminoácidos en 100 gramos de barra.

La tabla No. 13 presenta el contenido de aminoácidos esenciales por gramo de nitrógeno en las barra. En esta tabla se incluyen las dos barras que contienen 10 % de proteína de soya. Al multiplicar estos valores por la digestibilidad aparente de cada barra se obtuvieron los valores para el contenido de aminoácidos esenciales disponibles (tabla No. 14). Al comparar estos valores con los de referencia, se puede ver que en la mayoría de los casos son superiores al requerimiento diario de aminoácidos dado por la OMS, siendo la lisina el aminoácido limitante para todas las barras. En la tabla No. 15 se presenta el porcentaje de aminoácidos en las barras comparado con la referencia, superando en su mayor parte el 100%, lo que indica la calidad proteica de las mismas.

Tabla No. 12: Contenido de aminoácidos esenciales de las barras nutritivas según el porcentaje de materia prima utilizada (gr de aminoácidos / 100 gramos de barra).

	isoleucina	leucina	lisina	azufrados	aromáticos	treonina	triptofano	valina
sorgo (43%)	0.250	0.580	0.110	0.130	0.300	0.190	0.047	0.25
arroz (43%)	0.142	0.566	0.120	0.120	0.288	0.103	0.043	0.215
avena (17%)	0.119	0.211	0.099	0.114	0.243	0.095	0.034	0.1564
soya (20%)	0.356	0.568	0.380	0.234	0.644	0.298	0.09	0.352
ajonjolí (20%)	0.186	0.308	0.128	0.180	0.394	0.182	0.058	0.222
10%	0.093	0.154	0.064	0.090	0.197	0.091	0.029	0.111
marafón 20%	0.232	0.288	0.150	0.166	0.316	0.140	0.09	0.302
10%	0.116	0.144	0.075	0.083	0.158	0.070	0.045	0.151
pepitoria 10%	0.186	0.260	0.151	0.062	0.187	0.100	0.0597	0.1792
conc. soya	0.48	0.78	0.63	0.3	0.91	0.42	0.15	0.49
g aa/100g b*								
1 sorgo	1.053	2.233	0.837	0.778	1.869	0.868	0.272	1.195
4 sorgo	1.076	2.223	0.848	0.771	1.830	0.847	0.288	1.235
2 arroz	1.099	2.213	0.859	0.764	1.791	0.826	0.304	1.275
6 arroz	1.169	2.329	0.935	0.743	1.820	0.856	0.319	1.304
1 sorgo mej.	1.533	3.013	1.467	1.078	2.779	1.288	0.422	1.685
2 arroz mej.	1.579	2.993	1.489	1.064	2.701	1.246	0.454	1.765

*barra

mej. = barras con un 10 % de proteína de soya

Tabla No. 13: Contenido de aminoácidos esenciales por gramo de nitrógeno en las barras nutritivas seleccionadas (gr de aminoácidos / gramo de nitrógeno).

	isoleucina	leucina	lisina	azufrados	aromáticos	treonina	triptofano	valina
1 sorgo	0.583	1.236	0.463	0.431	1.034	0.480	0.151	0.662
4 sorgo	0.598	1.235	0.471	0.428	1.017	0.471	0.160	0.686
2 arroz	0.468	0.942	0.365	0.325	0.762	0.352	0.129	0.543
6 arroz	0.565	1.126	0.452	0.359	0.880	0.414	0.154	0.630
1s mejor ^a	0.573	1.126	0.548	0.403	1.039	0.461	0.158	0.630
2a mejor ^a	0.524	0.994	0.494	0.353	0.897	0.414	0.151	0.586

^abarras con un 10% de proteína de soya

Tabla No. 14: Contenido de aminoácidos esenciales disponibles en las barras nutritivas seleccionadas (gr de aminoácidos / gramo de nitrógeno disponible en 100 gramos de barra) y comparación con la referencia (10).

	isoleucina	leucina	lisina	azufrados	aromáticos	treonina	triptofano	valina
1 sorgo	0.449	0.952	0.357	0.332	0.797	0.370	0.116	0.510
4 sorgo	0.433	0.894	0.341	0.310	0.736	0.341	0.116	0.497
2 arroz	0.355	0.714	0.277	0.247	0.578	0.267	0.098	0.412
6 arroz	0.405	0.807	0.324	0.257	0.631	0.297	0.110	0.452
1s mejor*	0.457	0.898	0.437	0.321	0.829	0.384	0.126	0.503
2a mejor*	0.424	0.804	0.400	0.286	0.726	0.335	0.122	0.474
referencia	0.250	0.437	0.344	0.218	0.375	0.250	0.062	0.312

*barras con un 10% de proteína de soya

Tabla No. 15: Porcentaje de aminoácidos esenciales en las barras nutritivas seleccionadas comparadas con la referencia (10).

	isoleucina %	leucina %	lisina %	azufrados %	aromáticos %	treonina %	triptofano %	vallina %
1 sorgo	179.529	217.778	103.658	152.114	212.445	148.022	186.992	163.307
4 sorgo	173.164	204.647	99.133	142.293	196.349	136.343	186.890	159.309
2 arroz	141.907	163.458	80.571	113.131	154.182	106.682	158.280	131.958
6 arroz	162.030	184.739	94.184	118.104	168.238	116.684	178.196	144.843
1s mejor*	182.837	205.566	127.121	147.443	220.971	153.640	202.947	161.069
2a mejor*	169.690	183.997	116.261	131.130	193.519	133.925	196.734	152.021

*barras con un 10% de proteína de soya

Fase 8: Análisis de costos

Para el análisis de costos se cotizaron las materias primas a granel con el fin de obtener un precio real de las barras. El costo de las bases para un total de 100 gramos de mezcla seca fue el siguiente:

Base:	Sorgo + avena + soya		
Cantidad (gramos)	43	17	20
Precio (Quetzales)	0.08	0.12	0.04 = Q 0.24

Base:	Harina de arroz + avena + soya		
Cantidad (gramos)	43	17	20
Precio (Quetzales)	0.30	0.12	0.04 = Q 0.46

Como se puede apreciar, la base de harina de arroz tiene un precio superior a la base de sorgo. Para obtener el costo total de las barras se calcularon los costos con base en el resto de materias primas utilizadas. A 100 gramos de mezcla seca se le agregaron las siguientes cantidades de otros materiales:

		costo porción utilizada
aceite de ajonjolí	1 gal (3,785 ml) = Q 65	10 ml = Q 0.17
jarabe de azúcar	1 libra = Q 1.50	40 gramos = 0.13
lecitina de soya	1 kg = Q 22.00	3 ml = 0.06
concentrado de soya	1 kg = Q 21.00	10 gr = 0.21
total		Q 0.57

Con lo anterior se obtuvo un total de 180 gramos de producto terminado (masa ya horneada), para un total de 6 barras ya elaboradas con un peso de 30 gramos cada una.

Tabla No. 16: Costo de la elaboración de 6 barras.

Barra	oléaginosas	precio (Q)	precio barras (s)	precio barras (a)
1	ajonjolí	0.18	0.78	1.04
2	marañón	0.66	1.26	1.72
3	pepitoria	0.29	0.89	1.35
4	ajon-mara	0.42	1.02	1.48
5	ajon-pepi.	0.23	0.83	1.29
6	mara-pepi.	0.47	1.07	1.53

* Costo dado en Quetzales.

^ no incluye el concentrado de soya

la tercera columna muestra el costo de las oleaginosas empleadas, mientras que la cuarta y quinta columna muestran el costo total de las 6 barras.

Para la determinación del precio unitario se tomó en cuenta el costo del concentrado de soya (3.5 centavos de Quetzal por cada una), el empaque (bolsa de celofán Q 0.05 c/u) y un 20% más para cubrir otros gastos como: agua, energía eléctrica, etc.

Tabla No. 17: Costo unitario de las barras de sorgo y harina de arroz.

Barra	oleaginosas	precio (Q)	precio barra (s)	precio barra (a)
1	ajonjolí	0.03	0.24	0.29
2	marañón	0.11	0.34	0.43
3	pepitoria	0.05	0.26	0.36
4	ajon-mara	0.07	0.29	0.38
5	ajon-pepi.	0.04	0.25	0.35
6	mara-pepi.	0.08	0.30	0.39

* Costo dado en Quetzales

la tercera columna muestra el costo de las oleaginosas empleadas, mientras que la cuarta y quinta columna muestran el costo total de las 6 barras.

Fase 9: Cálculo del contenido de nutrientes en las barras.

Al ingerir una barra o porción (30 gramos) se ingerirán los siguientes nutrientes:

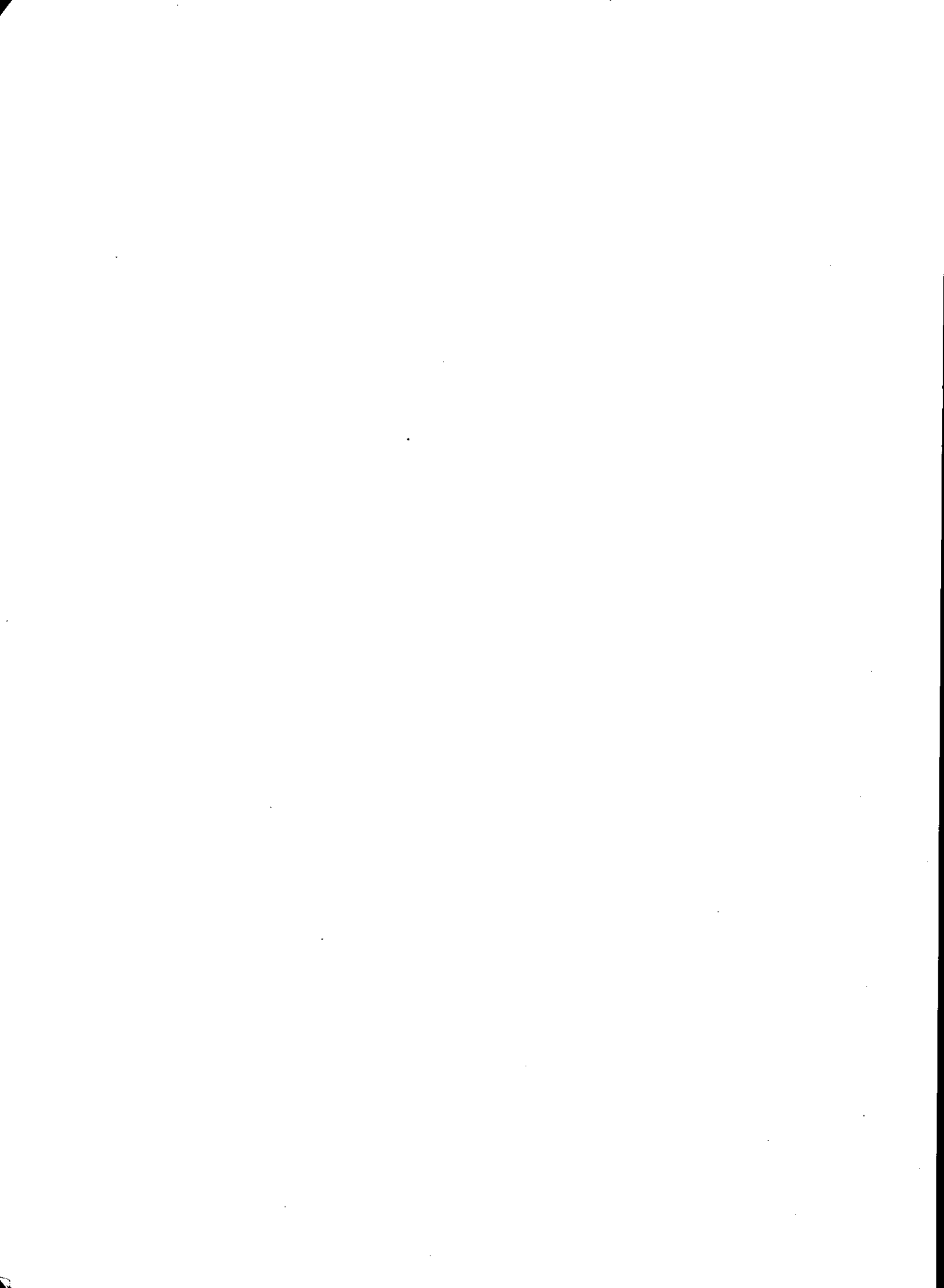
Tabla No. 18: Contenido de nutrientes por barra (gramos / 30 gramos de galleta).

Formulación	Proteínas	Carbohidratos	Calorías
1 sorgo	2.87 ± 0.35	17.6 ± 1.18	130
4 sorgo	3.11 ± 0.20	18.15 ± 0.98	130
2 arroz	3.75 ± 1.36	18.71 ± 1.12	130
6 arroz	3.64 ± 0.25	17.56 ± 1.25	135
1 sorgo mejor.*	4.55 ± 0.23	16.0 ± 1.10	130
2 arroz mejor.*	5.26 ± 1.22	17.21 ± 1.08	130
Requerimiento diario ^	30 gramos	290 gramos	1950

* barras con un 10 % de proteína

^ referencia (14)

Al ingerir una barra o porción se estará ingiriendo de 10-17% del requerimiento diario de proteínas, 5.5-6.5% del requerimiento de carbohidratos y 7% del requerimiento calórico.



IX. CONCLUSIONES

1. Las barras de cereal formuladas proporcionan buen aporte calórico (433-451 calorías / 100 g) y proteico, ya que según los resultados obtenidos, los porcentajes de proteína se encuentran alrededor de 9.5 % y 12.5 % para la base de sorgo y harina de arroz, respectivamente.
2. Las formulaciones que gozaron de mayor aceptabilidad sensorial fueron la 1s, 4s, 2a y 6a, las dos primeras contienen ajonjolí y las de base de harina de arroz contienen semilla de marañón (entre otros) por lo que se puede concluir que para cada base hubo oleaginosas que tuvieron mayor aceptación.
3. Las barras 4s y 2a fueron las que presentaron mejor calidad y aceptabilidad sensorial (92%), con 0% de rechazo.
4. Al caracterizar químicamente las formulaciones con mayor aceptación (las cuatro seleccionadas) se obtuvieron valores similares para todas las barras, variando únicamente su contenido de humedad, alrededor de 9% para las barras con base de sorgo y 5% para las de harina de arroz, y el contenido proteico de las mismas, superior en 3% al de las de sorgo.
5. Todas las formulaciones que gozaron de mayor aceptación tuvieron una buena estabilidad durante su almacenamiento, presentando un índice de peróxido por debajo de los 20 meq/kg, que es el máximo permitido. El contenido de humedad disminuyó en todos los casos y la rancidez detectada sensorialmente presentó sus valores más altos a los 15 días, excepto para la barra 1s.
6. El valor proteico de las barras mejoró en 5% al agregar concentrado de proteína de soya teniendo estas últimas la mejor digestibilidad aparente, aunque en todos los casos se presentaron buenos valores de digestibilidad 72-80%.
7. El contenido teórico de aminoácidos esenciales disponibles en las barras nutritivas seleccionadas es superior al valor de referencia dado por la OMS, en la mayoría de los casos, siendo la lisina el aminoácido limitante.
8. Los precios de las diferentes barras oscilaron entre Q 0.24 - 0.30 para las elaboradas a base de sorgo expandido y Q 0.29 - 0.39 para la de harina de arroz. Las formulaciones con mayor contenido de semilla de marañón fueron las más caras, mientras las más económicas fueron las que contenían ajonjolí (1s).

9. Se elaboraron barras tipo "snack" con un buen aporte calórico proteico, estables durante su almacenamiento y con buenas características organolépticas y precio razonable.
10. Al evaluar las barras sensorialmente utilizando niños, se estableció que no encontraron una diferencia significativa entre dos barras diferentes, mientras que la barra mejor evaluada por el panel de estudiantes universitarios tuvo una aceptabilidad de 91%, con lo que se puede determinar que las barras sí fueron del gusto de los niños, sector al que van dirigidas.

X. RECOMENDACIONES

1. Un producto de esta naturaleza podría ser útil en programas de alimentación escolar. Para este caso se recomendaría que fuera fortificado con vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y hierro, previo análisis químico de estos nutrientes en las barras.
2. Buscar en el mercado otras alternativas para las bases de las mezclas como el arroz, maíz y amaranto expandidos, además de otros complementos más económicos que las oleaginosas utilizadas para reducir los costos.
3. Estudiar la posibilidad de su producción en masa haciendo pruebas y estimando los gastos a un nivel industrial, ya que los costos se calcularon con materias primas cotizadas a granel, pero no por volumen. Al incrementar el volumen, el costo usualmente se ve reducido.
4. Evaluar la forma de presentar la barra de una forma atractiva al niño, ya que en este estudio se evaluó su contenido de nutrientes y sus características organolépticas tomando en cuenta los resultados obtenidos con jóvenes. Con niños sólo se determinó su aceptabilidad y si preferían alguna en especial.
5. Como complemento a este estudio se podría evaluar la digestibilidad in vivo de las proteínas de las barras, así como su calidad proteínica in vivo.
6. A pesar que no se encontraron cambios sustanciales en la estabilidad de las barras durante su almacenamiento acelerado, valdría la pena evaluar los diferentes tipos de empaque para determinar cual es el más adecuado.



XI. BIBLIOGRAFIA

1. AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 1984. 14 ed. Association of Official analytical Chemists, Inc. U.S.A. 1141 pp
2. Aurand, L., Woods, E., Wells, M. 1987. **Food Composition and Analysis.** AVI. New, York. 690 pp.
3. Bressani, R. & E. Tuna. 1993.. **Mejoramiento de la calidad proteínica del sorgo reventado con grano de soya** Archivos Latinoamericanos de Nutrición 43(1):46-49.
4. Bressani, R. & E. Tuna. 1992. **Relación entre algunas características físicas de variedades de sorgo (*sorghum vulgare*) y su capacidad de reventado.** Archivos Latinoamericanos de Nutrición 42(3):275-282.
5. Desrosier, N. 1983. **Elementos de Tecnología de Alimentos.** México, D.F. Editorial Continental, S.A. de C.V. 783pp
6. Escobar B., Estévez, A., Vásquez, M., Castillo, E., Araya, E. 1995. **Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability.** Plant Foods for Human Nutrition 47: 309-317.
7. Escobar B., Estévez, A., Vásquez, M., Castillo, E., Araya, E. 1992. **Aporte calórico proteico de barras tipo snacks elaboradas con cereales y maní.** Alimentos 17(3):5-10.
8. Escobar B., Estévez, A., Vásquez, M., Castillo, E., Araya, E. 1994. **Barras de cereales, maní y amaranto dilatado: Composición química y estabilidad en almacenamiento acelerado.** Archivos Latinoamericanos de Nutrición 44(1):36-40.
9. Gaviria, J. 1989. **Control de Calidad de Granos.** Ediagro Ltda. Bogotá, Colombia. 200 pp.

10. OMS. 1985. **Necesidades de Energía y de Proteína.** Organización Mundial de la Salud, Informe técnico No. 724 de una reunión consultiva conjunta de expertos FAO/OMS/ONU, Ginebra.
11. Parry, J. 1980. **Spices, Their Morphology, Histology and Chemistry.** Chemical Publishing Co. U.S.A.
12. Potter, N. 1978. **La Ciencia de los Alimentos.** Harla. México, D.F. 749 pp.
13. Souci et al. 1989. **Food composition and nutrition tables.** 4th ed. WSVSG. Stuttgart. 1,028 pp.
14. Waggle, D. 1979. **Soy protein and human nutrition.** "Types of soy protein products". Academic Press. London. 406 pp.
15. Whitaker, T. 1962. **CUCURBITS. Botany, Cultivation, and Utilization.** Interscience publishers, Inc. New York. 250 pp.
16. Comunicación personal. Referencias obtenidas verbalmente en la empresa productora de alimentos típicos EL TAMAL. Ing. Amy Kuen Dong.

APENDICE A

Análisis sensorial

El análisis sensorial tiene como objetivo obtener información acerca de las características de apariencia, sabor, textura y olor de los productos. De la información obtenida se puede determinar si un producto es aceptable o no.

Se entrenó un panel de 12 personas, quienes muestren los mejores puntajes en pruebas básicas de reconocimiento de olores y sabores. Las pruebas se realizaron con un panel compuesto por estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala. En las pruebas se utilizó una escala de 5 puntos, asignando un número 1 a la menos aceptable y un número 5 a la más aceptable. Para la selección de las barras se utilizó la boleta No. 1.

Para la evaluación de la rancidez se utilizó una escala hedónica de 4 puntos (ver formulario No. 2). En ambos casos las muestras se codificaron con números de 3 dígitos y se colocaron aleatoriamente.

Al realizar las pruebas de aceptación con niños se utilizó un panel formado por 35 niños con edades entre 7-12 años. Las boletas utilizadas fueron las No.3 y 4. Las muestras se codificaron con símbolos colocados en forma aleatoria.



Frente a usted encontrará tres muestras de barras o galletas y queremos conocer su opinión sobre las distintas características abajo indicadas.

Instrucciones:

Utilizando los números en la escala de calificación siguiente por favor califique los aspectos indicados para cada muestra, empezando por la primera. Califique completamente la primera muestra antes de probar y pasar a la segunda, y así sucesivamente sin calificar todavía el aspecto de "Aceptación total". Una vez calificadas todas las muestras evalúe su "Aceptación total", utilizando la misma escala, probándolas de nuevo en el orden en que se le presentaron.

Cualquier comentario relacionado con su opinión o calificación para alguno de los aspectos en las muestras evaluadas, por favor escríbalo en la sección de comentarios al final de esta hoja. Estos comentarios adicionales a su evaluación son muy importantes.

Gracias por su colaboración. Trabaje solo y pregunte cualquier inquietud.

Escala de calificación:

- 1 Disgusta mucho
- 2 Disgusta un poco
- 3 No gusta ni disgusta
- 4 Gusta un poco
- 5 Gusta mucho

Evaluación:

Característica	Muestra		
	----	----	----
• Color/aspecto	_____	_____	_____
• Consistencia	_____	_____	_____
• Dulzura	_____	_____	_____
• Sabor	_____	_____	_____
• Aceptación total	_____	_____	_____

Comentarios:



Evaluación Sensorial

Pruebe las muestras que tiene enfrente, enjuagándose con agua entre cada una. Utilizando los números de la escala de calificación siguiente, por favor califique la rancidez para cada muestra.

Escala de calificación:

- 1 sin rancidez
- 2 rancidez leve
- 3 rancidez moderada
- 4 rancidez fuerte

Muestra

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

¡Gracias por su colaboración!



Boleta No.3**Evaluación Sensorial**

Prueba las dos galletas que tienes enfrente, empezando con la de la izquierda.
Dibuja un círculo en la figura que corresponda a la galleta que más te guste.



¡Gracias!

Boleta No.4**Evaluación Sensorial**

Prueba la galleta que tienes enfrente. Dibuja un círculo en la frase que corresponde a lo que opinas de la galleta.

Me gusta

No me gusta

¡Gracias!

