

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Respuesta glucémica e insulínica en pacientes diabéticos tipo 2 a un alimento deshidratado con calabaza (*Cucurbita pepo* L.) y almidón de banano.

T E S I S

**Que para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA

L.N. Angel Esteban Torres Zapata

Villahermosa, Tabasco. Agosto de 2011

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Respuesta glucémica e insulínica en pacientes diabéticos tipo 2 a un alimento deshidratado con calabaza (*Cucurbita pepo L.*) y almidón de banano.

T E S I S

**Que para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA

L.N. Angel Esteban Torres Zapata

Asesores:

Dra. María Adelfa Aparicio Trápala

Dr. Jorge Luis Blé Castillo

Dr. Carlos Alberto Corzo Sosa

Villahermosa, Tabasco. Agosto de 2010

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada "Respuesta glucémica e insulínica en pacientes diabéticos tipo 2 a un alimento deshidratado con calabaza (*Curcubita pepo* L.) y almidón de banano", de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 09 días del mes de Agosto del año 2011.

AUTORIZO



ANGEL ESTEBAN TORRESZAPATA
EL TESISISTA.

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

División Académica de Ciencias Agropecuarias

"ESTUDIO EN LA DUDA, ACCIÓN EN LA FE"

ASUNTO: EL QUE SE INDICA

Villahermosa, Tabasco a 09 de Agosto de 2011.

LIC. NUT. ÁNGEL ESTEBÁN TORRES ZAPATA
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS ALIMENTARIAS
P R E S E N T E

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a usted que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo le **autoriza** la **impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de Tesis intitulado: "**Respuesta glucémica e insulínica en pacientes diabéticos tipo 2 a un alimento deshidratado con calabaza (*Cucurbita pepo* L.) y almidón de banano**".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE



M.A.A. ALMA CATALINA BERUMEN ALATORRE

DIRECTORA

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p. Expediente del Alumno.
C.c.p. Archivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación tiene mucho significado en esta etapa de mi vida. Primero me gustaría agradecer DIOS que me ha dado la vida y la salud necesaria para culminarla, seguido por mi familia principalmente mis padres el **Sr. Angel Arturo Torres Morales**, la **Sra. Adela Zapata Morales**, mi tía la **Sra. Yolanda Zapata Hernández** y mi abuela Cristina Hernández. También a todas aquellas personas que estuvieron involucradas tal como la **Dra. María Adelfa Aparicio Trápala**, **Dr. Jorge Luis Ble Castillo**, **MC Elsy Pérez Sánchez**. En especial un agradecimiento no solo por ayudarme, sino por su amistad al **Sr. Alberto Árnica Robles** director de Asistencial Tiempo Nuevo, ya que ellos fueron el *alma mater* del proyecto y que culmina con la publicación de este documento.

Agradezco al Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias y al Instituto Mexicano del Seguro Social por las facilidades otorgadas en el uso de las instalaciones del Laboratorios y por el suministro de recursos materiales y humanos durante la realización del trabajo experimental.

Expreso mis agradecimientos a todas aquellas personas que participaron como sujetos de investigación, héroes anónimos de la ciencia que sin su disposición, este trabajo ni siquiera hubiese empezado.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, la **Sr. Adela Zapata Morales** y al **Sr. Angel Arturo Torres Zapata**, porque son el motor de mi vida y su amor hacia mí, me lo han demostrado en todo este tiempo. Muchas gracias, y este documento es para ustedes.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	2
2.1.- Diabetes mellitus tipo 2	2
2.2.- Índice glicémico	5
2.3.- Alimentos funcionales	6
2.3.1.- Sopas deshidratadas	8
2.3.2.- Tecnología para la elaboración de sopa deshidratada	9
2.3.3.- Almidón resistente	9
3.- JUSTIFICACIÓN	13
4.- OBJETIVOS	14
4.1.- Objetivo general	14
4.2.- Objetivos específicos	14
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1.- Caracterización nutricional del alimento deshidratado que incluye en su formulación, almidón de banano y calabaza.	15
5.1.1.- Materia prima	15
5.1.2.- Obtención del almidón	15
5.1.3.- Formulación del alimento tipo sopa	16
5.1.4.- Análisis fisicoquímico y nutrimental del alimento tipo sopa.	18
5.2.- Ensayo clínico	18
5.2.1.- Tamaño de muestra	18
5.2.2.- Selección de los pacientes	19
5.2.3.- Descripción de los grupos de estudio	22

5.2.4.- Análisis clínicos	22
5.2.5.- Determinación de la respuesta glicémica e insulínica postprandial para la formulación que incluye almidón de banano y calabaza.	23
5.2.6.- Comparación de la respuesta metabólica a los hidratos de carbono entre el alimento con almidón de banano y calabaza y una porción equivalente en hidratos de carbono de un alimento de referencia.	25
5.2.7.- Análisis estadístico	25
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1.- Características nutricionales del alimento deshidratado que incluye en su formulación, almidón de banano y calabaza.	26
6.1.1.- Porcentaje de almidón resistente en el almidón de banano	26
6.1.2.- Características fisicoquímicas de la formulación a base de almidón de banano	26
6.2.- Respuesta glicémica e insulínica postprandial en sujetos sanos y pacientes con Diabetes Tipo 2 del alimento formulado con almidón de banano y calabaza.	30
6.3.- Comparación de la respuesta metabólica a los hidratos de carbono entre la formulación que incluye almidón de banano y calabaza con una porción equivalente en hidratos de carbono de un alimento de referencia.	39
7.- CONCLUSIONES	44
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
9.- ANEXOS	52

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Formulación del alimento deshidratado en estudio	17
Cuadro 2. Análisis proximal del alimento deshidratado	18
Cuadro 3. Distribución de nutrimentos	19
Cuadro 4. Distribución de nutrientes por tiempos de comida	20
Cuadro 5. Dieta de 2000 Kcal., con 300 g de hidratos de carbono	20
Cuadro 6. Características e indicadores bioquímicos de los sujetos en los que se determinó el índice glicémico	22
Cuadro 7. Aplicación de tratamientos	23
Cuadro 8. Contenido de almidón resistente en el almidón de banano	26
Cuadro 9. Composición química y nutrimental del alimento en estudio.	27
Cuadro 10. Comparación de la composición química y nutrimental por porción de 75 g del alimento deshidrato en estudio	28
Cuadro 11. Comparación del aporte energético por porción de 75 g del alimento deshidrato en estudio.	28
Cuadro 12. Comparación con otros alimentos de alto consumo según la revista del consumidor 2009.	29
Cuadro 13. Efecto del almidón digerible y almidón resistente en la glucemia de pacientes diabéticos.	34
Cuadro 14. Efecto del alimento de referencia y el alimento deshidratado a base de almidón de banano y calabaza en la liberación de insulina en pacientes diabéticos.	36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de obtención del alimento deshidratado de calabaza y almidón de banano. 17
- Figura 2.** Efecto del alimento deshidratado a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de sujetos sanos, comparados con la respuesta al alimento de referencia. 31
- Figura 3.** Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de sujetos sanos, comparado con la respuesta al alimento de referencia. 32
- Figura 4.** Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de pacientes diabéticos, comparado con la respuesta del alimento de referencia. 33
- Figura 5.** Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de pacientes diabéticos, comparado con la respuesta del alimento de referencia. 38
- Figura 6.** Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia. 40
- Figura 7.** Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento a base de almidón de banano y calabaza. 40
- Figura 8.** Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia. 41
- Figura 9.** Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento a base de almidón de banano y calabaza. 42

RESUMEN

La *diabetes Mellitus tipo 2* es un desorden del metabolismo de sustratos donde la dieta juega un papel crítico en mantener niveles de índice glicémico estable. La cantidad y tipo de carbohidratos son los principales determinantes del índice glicémico. El índice glicémico es reconocido como un parámetro para determinar el impacto agudo de los carbohidratos de un alimento sobre los niveles de glucosa en sangre. Así, alimentos de alto índice glicémico promueven un aumento de la concentración de glucosa en sangre, y lo opuesto sucede con los de bajo índice glicémico. Diversos trabajos de investigación indican que la harina de banano verde contiene una fracción considerable de almidón resistente que presenta efectos similares a la fibra dietética. Para diversificar el uso de esta fruta se formuló y elaboró una base para sopa de simple y rápida preparación tipo crema deshidratada de harina de banano verde con calabaza que aumenta la fibra dietética. El proceso aplicado fue deshidratación por secado en bandeja por circulación de aire. El banano verde fue lavado, cortado y sumergido en agua a 40 °C con 0.1 % de ácido cítrico, y secado a 50 °C por 24 horas y posterior molienda. La fórmula sin hidratar del alimento estudiado presentó valores promedio de 4.29 ± 0.2 % de humedad, 11.77 ± 0.06 % de proteína, grasa 12.47 ± 0.07 %, carbohidratos 66.26 ± 0.26 % de y 4.79 ± 0.3 % de cenizas. Por ser bajo el porcentaje de humedad se considera un producto estable que puede conservarse durante largos periodos de tiempo. Después de caracterizar nutrimentalmente la sopa, se evaluó la ingestión con respecto a los índices fundamentales de la química sanguínea (glucosa, insulina) en 12 sujetos sanos, administrando 50 g de carbohidratos disponibles a partir de la sopa, que comparado con la ingestión de 50 g de glucosa indujo una menor respuesta glicémica, por ende menor requerimientos de insulina. Como consecuencia, el índice glicémico del alimento fue 31.79 %. En conclusión, la sopa deshidratada de almidón de banano verde y calabaza es baja en grasa y contiene almidón resistente, y podrían ser recomendadas como un alimento para regímenes especiales de alimentación. Igualmente se demostró que es posible por un proceso tecnológico sencillo el aprovechamiento del banano verde en productos de bajo índice glicémico como es la formulación de polvos para sopas con baja humedad.

Palabras claves: Índice glicémico, Índice insulinémico, Almidón resistente, Diabetes *Mellitus tipo 2*

ABSTRACT

Diabetes *mellitus* 2 is a substratum metabolism where diet plays a very important role because it is in charge of keeping stable glycemic index. The amount and kind of carbohydrates determine glycemic index. The glycemic sign is recognized as a parameter which indicates the serious impact of some food on the glucose blood levels. In this way high glucose food make glucose food increase but it happens the opposite with the low glycemic indication. Several investigation works show that the green banana flour contain considerable amount of tough starch to the dietetic fiber.

In order the usage of this fruit would become more accessible, it was formulated and created a data for a soup recipe which is very easy to cook .It is green banana dehydrated creamy flour with pumpkin that increases the dietetic fiber. The applied procedure was dry dehydration in trail by air circulation. The green banana was washed, cut, submerged in water at 40 °C with 0.1 % of citric acid and dried at 50 o C for 24 hours subsequent milling.

The non dehydration formula of the studied food showed values about 4.29 ± 0.2 % of humidity, 11.77 ± 0.06 % of protein, fat 12.47 ± 0.07 %, carbohydrates 66.26 ± 0.26 % of and 4.79 ± 0.3 % of ashes. Because of the low percentage of humidity is considered to be a stable product that can be preserved for long periods of time. After being characterized the soup in a nutritionally way, the ingestion was evaluated in comparison to the basic indications of the chemical blood (glucose, insulin) in 12 healthy people bringing them 50 g of available carbohydrate based on the soup that in comparison with the consumption of 50 g of glucose led to less glycemic response and so less requirements of insulin. As a result the glycemic food indication was 31 .79 %.

As a summary, the banana green dehydrated starch and pumpkin soup is low fat and contains tough starch and could be recommended for special diets. Likewise it was shown that it is possible a better use of the green banana by an easy technical procedure in low glycemic indication products like the creation of powders for soups with low humidity.

Keywords: Glycemic index, Insulin Index, resistant Starch, *Diabetes Mellitus type 2*.

1. INTRODUCCIÓN.

Una correcta dieta, tanto en individuos sanos como enfermos, es importante para lograr y mantener la salud, integridad física y mental, logrando así obtener una mejor calidad de vida. De esta forma, es importante conocer el efecto metabólico de los alimentos cuando se prescriben tratamientos nutricionales en forma de dieta oral. Por esta razón, desde 1981 se desarrolló el concepto de índice glicémico de los alimentos, para clasificarlos de acuerdo con el efecto inmediato sobre los niveles de azúcar en sangre. Se ha encontrado también que contrariamente a lo que se creía, algunos alimentos con almidón en su estructura, presentan bajos índices glucémicos, por lo que pueden ser consumidos por pacientes diabéticos, ya que diferentes carbohidratos reaccionan en el cuerpo humano de distinta forma, independientemente de su composición glucídica, no así de la cantidad consumida. A partir de estos datos, el uso del índice glicémico se ha extendido a otras patologías y circunstancias como las enfermedades crónicas degenerativas, entre ellas la diabetes *mellitus tipo 2*, con el fin de incluir en la dieta aquellos alimentos que ingresan a la circulación sistémica de una manera gradual y controlada.

La diabetes es una enfermedad crónica que se caracteriza por la aparición de hiperglucemia por defectos en la secreción de insulina, su acción o ambas situaciones a la vez. La diabetes *mellitus Tipo 2* es una de las patologías más frecuentemente diagnosticadas en el país y su prevalencia aumenta conforme se incrementa la edad de la persona. Los pacientes diabéticos necesitan un tratamiento individual que combine adecuadamente el tratamiento médico y nutricional, previniendo así complicaciones posteriores que afectan su estado de salud y pueden conducirlos, más rápido a la muerte. En México, la cultura alimentaria favorece el desarrollo de la enfermedad, como es el consumo de una cantidad excesiva de calorías provenientes de grasas, carbohidratos, y de productos industrializados que difícilmente se excluyen de la alimentación.

Conociendo la importancia de la alimentación en este tipo de pacientes, se desarrolló el presente trabajo de investigación, que tiene como objetivo evaluar la respuesta glucémica e insulínica en pacientes con diabetes *mellitus tipo 2* después de ingerir un alimento deshidratado formulado con calabaza y almidón de banano, con la finalidad de brindar una alternativa nutricional.

2. ANTECEDENTES

2.1. *Diabetes Mellitus tipo 2.*

Se conoce como diabetes *mellitus tipo 2* (DM2) al tipo de diabetes en la que hay capacidad residual de secreción de insulina pero sus niveles no superan la resistencia a la insulina concomitante, insuficiencia relativa de secreción de insulina o cuando coexisten ambas posibilidades y aparece la hiperglucemia (NOM-015-SSA2-1994). Su marcador bioquímico es la hiperglucemia y se acompaña de alteraciones en el metabolismo intermedio de lípidos, proteínas y carbohidratos. En el ámbito de los factores que la predisponen se incluyen: factores genéticos, que tienen un claro componente hereditario, y factores ambientales adquiridos que son aquellos que se asocian a un aumento en la resistencia a la insulina siendo los mejor identificados: obesidad, inactividad física, embarazo y edad avanzada (Flores *et al.*, 2001).

La mayoría de los diabéticos tipo 2 son obesos en los años que anteceden al inicio de la enfermedad o bien aunque se encuentran dentro de su peso ideal, con frecuencia presentan exceso de tejido adiposo en la región abdominal, lo que confiere un riesgo particular de resistencia a la insulina ya que en la diabetes tipo 2, el páncreas es incapaz de mantener una producción adecuada de insulina ante una demanda que va en incremento a causa de una menor actividad biológica de la hormona, que afecta en grados diferentes al metabolismo de la glucosa y de los lípidos, sobre todo en el músculo, hígado y tejido adiposo (Alayón *et al.*, 2008; Foster-Powell *et al.*, 2002).

En forma general, la disminución en la sensibilidad a la insulina o resistencia a la insulina, significan una baja en la captación y utilización de la glucosa por varios tejidos, de los cuales el más importante es el músculo. La hiperglucemia postprandial es consecuencia tanto de la producción hepática excesiva como de la falta de utilización de glucosa en el músculo consecuencia tanto de un menor transporte como de la utilización no oxidativa de la glucosa (que es la transformación de glucosa en glucógeno muscular) (Torres *et al.*, 2006). La acción anormal de la insulina seguramente obedece a alteraciones a nivel postreceptor.

Los criterios de diagnóstico de la diabetes *mellitus* consideran normal una glucosa en ayuno <110 mg/dL y 2 h postprandial después de ingerir un alimento <140 mg/dl. Por lo tanto, la glucemia plasmática en ayuno >110 mg/dL pero <126 mg/dL se define como intolerancia a la glucosa de ayuno y si en 2 h postprandial la glucemia plasmática está entre 140 y 199 mg/dL, se diagnostica intolerancia a la glucosa (ECDCDM, 1997). Cualquier defecto de la célula β , músculo o hígado, ocasiona intolerancia a la glucosa o DM2 (Mataix, 2004). La hiperglucemia en ayuno, se acompaña de hiperglucemia postprandial, es decir la cifra de 140 mg/dL de glucemia en ayuno, considerada diagnóstico para DM se correlaciona con hiperglucemia postprandial mayor de 200 mg/dL (Ryder *et al.*, 2009). Con este criterio, la mayoría de los diabéticos detectados ya tienen complicaciones crónicas microvasculares sobre todo en sujetos cuya glicemia se mantiene en forma persistente por arriba de 125 mg/dl. En la actualidad, se considera DM2 si la glucemia de ayuno es de 126 mg/dL en más de una ocasión. Los resultados de estudios llevados a cabo para determinar qué factores influyen en las fluctuaciones postprandiales, incluyen generalmente: el procesamiento, la preparación y composición de los alimentos (Flores *et al.*, 2001).

En los últimos años, el interés de administrar dietas ricas en fibra a pacientes diabéticos o con intolerancia a la glucosa ha ido en aumento ya que se ha demostrado que mejora el control glucémico, la respuesta postprandial y, a la vez, disminuye los requerimientos de insulina (Romero *et al.*, 2009).

Las fibras de tipo soluble son más eficaces en la mejoría del control de la glucemia, que las insolubles tales como la celulosa y algunas hemicelulosas. Aunque todavía no está del todo claro, cuáles son los mecanismos intrínsecos, por los que la fibra dietética es capaz de mejorar la homeostasis de la glucosa en los individuos diabéticos, se sabe que los posibles factores implicados son los siguientes: retraso del vaciamiento gástrico, atrapamiento de los carbohidratos en la matriz de la fibra, que dará lugar a una disminución de su absorción y, en consecuencia, una reducción de los niveles de glucemia y modificación de la secreción hormonal, dando como resultado complicaciones tardías, en especial padecimientos cardiovasculares ((Ramírez, 2009; Mataix, 2004.). Por lo dicho anteriormente, elaborar suplementos de fibra dietética podría ser útil, tanto en la prevención como en el control de la diabetes *mellitus tipo 2* y,

posiblemente, aplicable también para otras enfermedades degenerativas asociadas a obesidad e insulinoresistencia (Redondo, 2001).

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la diabetes *mellitus* se ha convertido en un problema de salud mundial (Vázquez-Martínez *et. al.*, 2006). La diabetes afecta actualmente a más de 194 millones de personas en el mundo y se espera que alcance los 333 millones en 2025. La mayoría de los casos se presentan en países en vías de desarrollo.

La población en México de personas con diabetes fluctúa entre los 6.5 y los 10 millones (prevalencia nacional de 10.7 % en personas entre 20 y 69 años, (agudizándose entre los 40 a 55 años). De este gran total, 2 millones de personas no han sido diagnosticadas. En la frontera entre México y Estados Unidos, la prevalencia de diabetes es de 15 %. El 90 % de las personas que padecen diabetes presentan el tipo 2 de la enfermedad, dándole a México el noveno lugar de diabetes en el mundo (Bertran *et. al.*, 2006 y ENSALUD, 2006). De todas las muertes en México, 13 de cada 100 son provocadas por diabetes a consecuencia de sus complicaciones y la falta de un diagnóstico oportuno. El Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) del país estima, que el gasto anual por diabetes equivale a: 4.7 % del gasto público para la Secretaría de Salud (38 millones de dólares), y 6.5 % del gasto para IMSS (Instituto Mexicanos del Seguro Social) e ISSSTE (Instituto de Seguridad Social del Estado) (103 millones de dólares) (Villarreal-Ríos *et al.*, 2009).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2009), calcula que en los próximos años, los costos indirectos por incapacidad y muerte anticipada serán de más de 13 mil millones de pesos para México.

La obesidad está considerada como factor de riesgo para desarrollar diabetes (NOM-174-SSA1-1998): México se encuentra en 2° lugar de obesidad en el mundo (24,4 % prevalencia), sólo después de Estados Unidos. De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud (ENSA): la distribución de la obesidad se encuentra en el norte 66 %, centro 63.3 %, sur 58.4 % y Distrito Federal 62.7 % y para infantes de 10 a 17 años: en niñas 36.4 % y en niños 35.9 %. En una persona con diabetes, la obesidad disminuye hasta 8 años la esperanza de vida, siendo factores de riesgo de diabetes tipo 2, enfermedades del corazón, hipertensión y dislipidemias.

En la actualidad, los niños realizan 70 % menos de actividad física que hace 30 años. La prevalencia del sedentarismo en México es del 60-80 %, ocupando Veracruz el primer lugar de prevalencia de diabetes en México, con 20.80 % de obesidad en su población (SS, 2007).

Hasta el cierre de 2007, la Secretaría de Salud reportó que la diabetes *mellitus* en Tabasco, popularmente conocida como 'Azúcar', tuvo una morbilidad de 4 mil 839 nuevos casos, es decir, una proporción alarmante de personas que enferman porque su cuerpo no metaboliza o usa eficazmente los carbohidratos, proteínas y grasas, de manera que la tasa de mortalidad es del 58.9 % por este padecimiento. Cabe destacar que esta enfermedad es la primera causa de muerte en México (Rodríguez, 2007). Según Alfredo Hernández Aguirre, Jefe de los Servicios de Urgencias Médicas del Hospital 'Juan Graham' de Villahermosa, Tabasco, la diabetes es la principal enfermedad crónica degenerativa que causa ceguera, amputación de alguna extremidad, insuficiencia renal y es una de las primeras causas de ingreso a los servicios de urgencias y hospitalización. Se estima que en los próximos años: México podría ocupar el 1^{er} lugar de países con diabetes, casi 12 millones de mexicanos y obesidad en 65 % de la población; diabetes tipo 2 en niños, más de 30 % con sobrepeso y 16% con obesidad, 1 de cada 3 personas podría tener diabetes (Rodríguez, 2007).

2.2. Índice glicémico

La cantidad en que deben participar las diferentes fuentes de energía en la alimentación ha sido tema de controversia desde hace varias décadas. Una propuesta interesante sobre la composición recomendable de los hidratos de carbono a consumir, nació en Toronto en el año de 1981, cuando el Dr. David Jenkins, en busca de los alimentos adecuados para el paciente diabético, desarrolló el concepto de índice Glicémico (IG), abriendo una puerta hacia el conocimiento del efecto fisiológico de los alimentos con alto contenido de hidratos de carbono (HC). El IG es una forma numérica de describir la rapidez de absorción de los HC de un determinado alimento o, en otras palabras, su capacidad de aumentar la concentración de glucosa en la sangre (glucemia). Entre más elevada sea la respuesta glicémica, más alto será el IG (Franz, 2003; Pérez, 2006). Los

alimentos se clasifican dependiendo de su complejidad estructural y de su velocidad de absorción y el índice glicémico indica numéricamente si los HC llegan lenta, moderada o rápidamente al torrente sanguíneo (Leeds *et al.*, 2004). Si el IG es de 70 o mayor se considera que el alimento tiene un IG alto (rápido); si se encuentra entre 56 y 69 el IG es moderado y si el valor es de 55 o menor se dice que el alimento tiene un IG bajo (lento), para establecer estos valores se le asigna a la glucosa el valor de 100. Cabe mencionar que son muy pocos los alimentos con valores más altos que la glucosa (Jenkins *et al.*, 2002). Hasta hace pocos años, el valor de referencia estaba dado tanto por la glucosa como por el pan blanco, ya que éste último provoca una respuesta glicémica más cercana a la mayor parte de los alimentos de la dieta común, sin embargo, el tener dos alimentos de referencia creaba inconvenientes en el manejo de índice glicémico y por esta razón se acordó utilizar la glucosa como único estándar. Ya que el valor del pan blanco es de 70 con respecto al 100 de la glucosa, basta multiplicar por 0.7 los IG obtenidos con el pan como alimento estándar para convertirlos a la escala de glucosa. La carga glicémica es un aspecto importante en la interpretación del IG ya que la cantidad de hidratos de carbono determinan el grado de absorción del alimento (Leeds *et al.*, 2004).

2.3. Alimentos funcionales

A pesar de que la idea y uso de alimento funcional es muy antigua estaba fundamentada en la visión del alimento como un fármaco, el concepto '*per se*' nace en Japón en los años 1980s cuando las autoridades alimentarias japonesas tomaron conciencia de que para controlar los gastos globales en salud era necesario desarrollar alimentos que mejoraran la calidad de vida de la población. En esta época se establece por primera vez en Japón el concepto nutricional de "Alimentos para Uso Específico en la Salud, (en inglés Foods for Specified Health Use), cuyo acrónimo es: FOSHU (ECCR, 2000). La demanda de este tipo de alimentación ha crecido espectacularmente en este país asiático desde finales del siglo XX.

Ante la necesidad de regular la alimentación para una mejor salud, en diversos países europeos nacen proyectos específicos dentro del área de alimentación funcional bajo el auspicio del ILSI (International Life Sciences Institute) (Goldberg, 1994; Bellisle, *et al.*,

1998). Poco a poco la preocupación sobre este tipo de alimentación se hizo internacional a finales del siglo XX. La aparición de patentes relativas al diseño de alimentos funcionales y su beneficio económico (caso del benecol) ha disparado el interés por parte de la industria alimentaria. No existe una definición mundialmente acordada para catalogar este tipo de alimentos, no obstante algunas de las agencias internacionales y organismos gubernamentales de algunos países encargados de vigilar la salud alimentaria han redactado pequeñas definiciones genéricas. Un ejemplo es el Food Information Council (FIC) que los define como aquellos alimentos que proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica (Vázquez, 2005). La definición de la FUFOSSE recalca por ejemplo la demostración científica de mejora con el alimento una o varias funciones en el organismo (Aguirre *et al.*, 2006).

La principal tarea de una dieta, es proporcionar los nutrientes suficientes como para cumplir los requerimientos metabólicos que mantengan la salud, al mismo tiempo proporciona al consumidor una sensación de satisfacción y de bienestar. Las investigaciones realizadas en nutrición durante la segunda mitad del siglo XX indicaron, la posibilidad de modular ciertas funciones de la salud, mediante el consumo de alimentos forficados con elementos activos, como pueden ser el uso de ciertos micronutrientes (Vázquez, 2005). Como definición de trabajo se puede decir que un alimento es funcional si contiene algún componente (sea o no un nutriente) que beneficia una o un número limitado de funcionalidades en el cuerpo proporcionando salud (entendida como reducción de riesgo de enfermedad) y bienestar (Diplock y Ashwell 1999). Un alimento funcional puede ser un macronutriente si éste posee efectos fisiológicos específicos (como puede ser el empleo de un almidón resistente a los jugos gástricos o un ácido graso) o incluso un nutriente esencial que su insumo es superior a la dosis diaria recomendada. Puede referirse a un componente alimenticio que a pesar de poseer un valor nutritivo, no es esencial (como por ejemplo los oligosacáridos) o incluso puede carecer de valor nutritivo (como pueden ser los organismos vivos o compuestos químicos de plantas) (ECCR, 2000).

Una de las confusiones más frecuentes entre los consumidores es distinguir entre alimento funcional y alimento dietético. El segundo es un alimento diseñado para satisfacer las necesidades nutricionales de un grupo de la población, mientras que el

alimento funcional se diseña para satisfacer las necesidades o carencias de toda una población, o de un porcentaje elevado de la misma (Bellisle *et al.*, 1998).

La aparición de los alimentos funcionales representa la esperanza entre los consumidores por productos más saludables, productos que mejoren su calidad de vida y eviten enfermedades que los afectan. Se han publicado numerosos estudios científicos acerca de la eficiencia de los alimentos funcionales y de la necesidad real de incorporar prebióticos en diversos alimentos por parte de la industria, ya que en muchos casos se considera como prebióticos a cepas bacterianas que no lo son. Casos como este requieren de estricta supervisión, habiendo una gran actividad de investigación debido fundamentalmente a la cantidad de preguntas sin respuesta que existen, referente a si realmente mejoran la salud (ECCR, 2000).

2.3.1. Sopas deshidratadas

Sopas deshidratadas son aquellos productos elaborados a base de mezclas de almidones, leguminosas sometidas a tratamiento térmico, verduras deshidratadas, carnes en general incluyendo las de aves, pescados y mariscos, leche y sus derivados, alimentos grasos, extractos de carnes y levaduras, proteínas hidrolizadas, sal, especias, sus extractos y aditivos permitidos. Para su consumo requieren la adición de agua y cocción de acuerdo a lo indicado en su rotulación. Las sopas cremas deshidratadas deberán contener como mínimo 0,8 % de nitrógeno total y como máximo un 8 % de humedad (Pacheco, 2001; NMX-F-058-1968). Sopas cremas deshidratadas instantáneas no necesitan cocción y para ser consumidas sólo requieren la adición de agua de acuerdo a las instrucciones de preparación indicadas en la etiqueta (Pacheco, 2001). Deben cumplir los mismos requisitos que las sopas y sopas cremas deshidratadas no instantáneas. La creatinina de los caldos, sopas y sopas cremas debe corresponder exclusivamente a los componentes del producto natural (Aparicio, 2009).

2.3.2. Tecnología para la elaboración de sopa deshidratada

El invento se debe al químico orgánico Liebig, en los años 1850. Entre 1872 y 1873, el alemán Carl Knorr y el suizo Maggi perfeccionaron y comercializaron las sopas deshidratadas, normalmente obtenidas por liofilización, de las que existe una gran variedad. Incluyendo preparaciones que requieran ser diluidas en agua (Pérez, 2009). En Argentina actualmente la empresa Alexsur S.A., desarrolla productos similares a los que son utilizados en programas sociales en Brasil y otros países de América Latina, pero su línea de productos está basada en cereales, transformados por procesos de precocción, con el agregado de vitaminas y minerales, a fin de cubrir las reales necesidades nutricionales requeridas en cada zona. La tecnología denominada extrusión permite una precocción de muy alta calidad a bajo costo para la transformación físico-química de los distintos tipos de cereales como el maíz, trigo, avena, arroz, soja, etc., a fin de lograr su digestibilidad e instantaneidad. Los polvos obtenidos se utilizan para preparar sopas cremas instantáneas con agua caliente que también pueden disolverse en caldo, resultando una combinación de proteínas, hidratos de carbono, grasas y fibras, adicionadas con vitaminas y minerales (Hierro, vitamina C, Zinc y Calcio), para lograr un alimento gratificante y nutritivo con textura artesanal. Las sopas instantáneas son fáciles de preparar, ya que no requieren cocción. Son nutritivas y versátiles, pues se pueden elaborar con sabores variados. Los básicos son: pollo, calabaza, arvejas, choclo, pollo con verduras y verduras surtidas (Pacheco, 2001).

Para nuestro país, México, se detalla la producción de sopas enlatadas a las diferentes escalas de producción en las “Guías empresariales” de la Secretaría de economía destacando que el proceso utilizado en su producción es el enlatado y no se menciona que pertenezcan al grupo de alimentos funcionales (Pérez, 2009).

2.3.3. Almidón resistente

La fracción denominada almidón resistente (AR) se define actualmente como “la suma del almidón y productos de la degradación de almidón no absorbidos por el intestino delgado de individuos sanos”. El almidón resistente (AR) es una fracción muy

heterogénea que se ha clasificado en diferentes tipos en función de su estructura físico-química y de la vinculación entre ésta y la mayor o menor susceptibilidad al ataque enzimático. Los tipos de almidón resistente incluidos en esta clasificación son tres: el almidón resistente tipo I, que es el almidón físicamente se encuentra en forma de gránulos en el interior de la célula vegetal. El otro tipo de almidón resistente corresponde al denominado almidón retrogradado, que actualmente inaccesible en la matriz del alimento, que se encuentra en alimentos parcialmente molidos o semillas (Ramírez, 2009). El almidón resistente tipo II es el almidón que en su estado nativo ha quedado clasificado como almidón resistente tipo III. El almidón resistente tipo III se forma después de tratamientos térmicos en condiciones de alta humedad y temperatura y consiste principalmente en amilosa retrogradada cuya estructura está constituida por cadenas de amilosa en forma de doble hélice, unidas entre sí por puentes de hidrógeno (Heller, 1998). Esta estructura es responsable de la inaccesibilidad a las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal humano. Esta fracción puede encontrarse en numerosos alimentos que hayan sufrido un proceso tecnológico y/o culinario que implique un calentamiento y un posterior enfriamiento. El almidón resistente tipo III presenta características tecnológicas que le confieren importancia debido a que su cantidad puede ser controlada mediante una manipulación tecnológica adecuada.

Los productos de cereales son la fuente más importante del almidón de la dieta; pero de acuerdo a determinaciones *in vitro*, los panes basados en harina de trigo contienen cantidades limitadas de AR (del 2 % al 8 % en base a su contenido de almidón). Otro parámetro nutricional extensamente discutido, se relaciona con la tasa de hidrólisis de almidón y la respuesta glicémica. El almidón en muchos productos de cereales es rápidamente digerido y absorbido, resultando en un alto contenido de glucosa en sangre y en una alta respuesta insulínica desfavorable después de una comida (Pacheco-Delahaye *et al.*, 2006). Esto ha sido detectado en productos de panificación basados en harina de trigo. Los factores alimenticios que incrementan la formación de AR también reducen la tasa de digestión y absorción en el intestino delgado. Sin embargo la formación de AR en relación a la glucemia que se presenta después de dos horas de digestión (postprandrial) no ha sido completamente aclarada (Englyst y Hudsons, 1996). En cuanto a la degradación total o parcial de la fibra en el colon, no sólo depende del

tipo de fibra, sino también de la velocidad con que se realiza el tránsito a lo largo del mismo. En el caso de un tránsito rápido, la degradación es más pequeña de la que acontece de forma lenta, también se encuentran grados de fermentación, en el caso de que la fibra se encuentre en los alimentos, es decir dentro de su estructura normal o bien si se administra aisladamente.

En la actualidad, existe un consenso general al afirmar que los efectos de la fermentación en el colon, tanto de la fibra dietética, como del almidón resistente, son imprescindibles para el buen funcionamiento del aparato digestivo y que la ausencia del sustrato fermentativo necesario, puede producir alteraciones de consecuencias importantes. Como ya se ha indicado, una de las propiedades fisiológicas de la fibra dietética y del almidón resistente es no ser atacados por las enzimas digestivas del hombre, pero ello no significa, que la fibra se elimine por el aparato digestivo de una forma inalterada y que solo sirva para incrementar el volumen de las heces. Al aumentar la captación de agua, esta idea simplista que se tenía sobre la fibra ha dado paso a un mejor conocimiento de su fisiología.

Hoy se sabe que la fibra dietética presenta múltiples propiedades, entre las que se encuentra la capacidad de fermentar cuando es metabolizada por las bacterias que se encuentran en el colon, los productos derivados de esa fermentación tienen una serie de acciones que son imprescindibles para el organismo ya que, al producirse la fermentación, la flora intestinal anaerobia presente en el colon, utiliza la fibra dietética y el almidón resistente para su propia nutrición y crecimiento, esto aumenta de forma muy considerable la masa bacteriana; de ahí que, con un sustrato adecuado, las bacterias llegan a representar hasta un tercio del peso de las heces. Este constituye uno de los mecanismos por los que la fibra aumenta el volumen de las heces de manera considerable (Topping, 1996).

Los productos formados durante la fermentación de la fibra o del AR, son ácidos grasos de cadena corta (AGCC) de los cuales, el 85 % está formado por ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico, en una proporción de 60:25:14, respectivamente. Estos se absorben rápidamente en el colon y sólo una pequeña parte, aproximadamente 18-50 mmol/día, se elimina por la heces; la cantidad absorbida se convierte en una importante fuente de energía para el organismo ya que puede aportar hasta 540 Kcal/día en función

de la cantidad de fibra dietética que se ingiera, lo que puede representar hasta el 30 % de las necesidades energéticas de una persona sana. Esto explica por qué en poblaciones que se alimentan con productos vegetales muy ricos en fibra de escaso valor nutritivo, en las que podría esperarse deficiencias importantes, éstas o no se presentan o lo hacen en menor grado de lo esperado (Björck, 2000).

De los tres AGCC absorbidos, principalmente el acético y el propiónico son los que pasan a la circulación portal ya que casi todo el butírico se oxida en el colonocito mientras que los otros dos llegan al hígado a través de la vena porta, donde su concentración es 4-10 veces más alta en la circulación sistémica. Del butirato producido en el colon, sólo una pequeña parte no se oxida en el colonocito y llega al hígado donde se metaboliza formando sustratos energéticos como el glutamato o la glutamina (Redondo, 2001).

Es sabido que la nutrición de la mayoría de las células del organismo se produce mediante el oxígeno y los nutrientes le llegan a través de la sangre. Sin embargo, la nutrición de los colonocitos no sigue esta regla general sino que la mayor parte de su nutrición se produce desde la luz intestinal, siendo el butirato el que aporta el 75 % del oxígeno que necesitan. El metabolismo de los AGCC por parte del colonocito produce, entre otras cosas cuerpos cetónicos, CO_2 y agua, que son muy importantes para una buena función de la mucosa del colon ya que intervienen en mecanismos como la producción de moco, la absorción de iones, la formación de bicarbonato y la producción de energía.

En los últimos años, se ha demostrado que el butirato presenta un efecto atrofiante sobre el epitelio intestinal ya que se estimula su proliferación tanto en el yeyuno como en el íleon y el colon. Conociendo la importancia del butirato en la fisiología del colon, no es extraño que en la actualidad el almidón resistente reciba especial atención por parte de los investigadores ya que se ha comprobado que la fermentación del almidón resistente incrementa la excreción fecal de butirato en un 69 % debido a las numerosas especies bacterianas que forman parte de la flora colónica por lo que es indispensable aportar un sustrato complejo de fibra con el objeto de que todas las especies puedan desarrollarse con normalidad y que su proceso fermentativo se realice a lo largo de todo el colon y no solo en su porción más proximal (Björck, 2000).

3. JUSTIFICACIÓN

La Diabetes es una enfermedad crónica que se caracteriza por la aparición de hiperglucemia por defectos en la secreción de insulina, en su acción o ambas situaciones a la vez. La diabetes *Mellitus tipo 2*, es una de la patologías más frecuentes en la mayoría de los casos diagnosticados en el país y su prevalencia aumenta conforme se incrementa la edad de la persona. Los pacientes diabéticos necesitan un tratamiento individual que consiste en una combinación adecuada del tratamiento médico y nutricional, el cual previene la aparición de complicaciones posteriores que afectan su estado de salud y pueden llevarlo más rápido a la muerte.

En México, la cultura alimentaria favorece el desarrollo de la enfermedad como es el consumo de una cantidad excesiva de calorías provenientes de grasas, carbohidratos y azúcares, que difícilmente se excluyen de la alimentación diaria. El consumir dichos alimentos en una forma inadecuada puede complicar y desencadenar otras enfermedades que afectan el estado de salud del paciente.

Conociendo la importancia de la alimentación en este tipo de pacientes, se realizó este trabajo que forma parte del proyecto de investigación “Efecto de la lactosa sobre el índice glicémico y digestibilidad de un alimento a base de almidón de banano macho y enano gigante”, con registro UJAT 20090229, cuyo propósito ha sido, desarrollar productos nutricionales alternativos a partir del fruto verde del banano.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta glucémica e insulínica en pacientes con diabetes *mellitus tipo 2* después de ingerir un alimento deshidratado formulado con calabaza y almidón de banano.

4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar nutricionalmente el alimento deshidratado que incluye almidón de banano y calabaza.
- Determinar la respuesta glicémica e insulínica postprandial en sujetos sanos y pacientes con Diabetes *Mellitus tipo 2* de la formulación que incluye almidón de banano y calabaza.
- Comparar la respuesta metabólica a los hidratos de carbono presentes en la formulación que incluye almidón de banano y calabaza, con la generada por la ingestión de una porción equivalente en hidratos de carbono, de un alimento de referencia.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para su realización este proyecto se dividió en dos partes fundamentales. La primera fueron los análisis químicos en el alimento diseñado que se realizó en los laboratorios de la DACA (División Académica de Ciencias Agropecuarias) y UTTAB (Universidad Tecnológica de Tabasco), mientras el ensayo clínico se realizó en las instalaciones del Hospital de Zona No. 46 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

5.1. Caracterización nutricional del alimento deshidratado que incluye en su formulación, almidón de banano y calabaza.

5.1.1. Materia prima

El banano Gran Enano (*Musa AAA spp*) se obtuvo de la Empacadora Ganadera Agropecuaria “Las Mirandas”, ubicada en el Km 44.5 de la carretera Villahermosa a Teapa, y se trasladó a las instalaciones de la División Académica de Ciencias Agropecuarias donde se procedió a la obtención del almidón de acuerdo al método reportado por Aparicio (2000). La calabaza fue comprada en el Mercado Municipal “Pino Suarez” de Villahermosa, Tab. La leche entera en polvo, aceite comestible, sal, cebolla en polvo y consomé en polvo, fueron adquiridos en supermercados de la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

5.1.2. Obtención del almidón

Para la obtención del almidón se realizaron tres muestreos, en cada uno de los cuales se tomaron al azar 20 Kg de banano verde cosechado por el productor a los noventa días de aparición de la floración según Reyes (2000) y suficiente para obtener la cantidad de almidón requerido, después de pesados los frutos, se lavaron y cortaron; los trozos obtenidos se molieron y lavaron tres veces consecutivas con agua a 40 °C y 3 % de ácido cítrico, luego se tamizó en tamices del número 30, 80 y 100, consecutivamente; la fibra retenida en el tamiz se eliminó y el filtrado obtenido se sedimentó en refrigeración,

separando el sobrenadante por decantación al día siguiente. La pasta se secó en una estufa de aire forzado a 40 °C por 24 h, después de lo cual, se pulverizó en un molino de aspas por 1 minuto, el almidón obtenido se pesó para calcular el rendimiento y se envasó en frascos de vidrio. Al almidón de banano se le realizaron análisis proximales siguiendo los métodos del A.O.A.C. (1984).

Porcentaje de almidón resistente en el almidón de banano: Este método se realizó tomando la técnica descrita por el método del kit Megazyme (AOAC, 2002.02, AACC, 32-40). Este análisis permite determinar el contenido de almidón indigestible en muestras vegetales tal y como se ingieren. Para ello se analizaron las muestras crudas, hidrolizando inicialmente el almidón con α -amilasa pancreática durante 16 horas y a pH 6-6.5 cercano a la neutralidad. Una vez eliminados los productos de hidrólisis tras centrifugación, en el residuo permaneció la fracción de almidón indigestible. Esta fue dispersada en medio alcalino e hidrolizada en su totalidad con amiloglucosidasa, determinándose la glucosa liberada mediante un método enzimático-colorimétrico. La absorbancia se midió en un espectrofotómetro (GBC Scientific Equipment modelo Cintra 100) a una longitud de onda de 510 nm. El almidón resistente se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Almidón Resistente} = \text{Absorbancia } (\Delta E) \times 100 / W (\text{Humedad}) \times 90$$

5.1.3. Formulación del alimento tipo sopa deshidratada con almidón de banano y calabaza

El alimento deshidratado se preparó en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA). Se elaboró un alimento deshidratado con calabaza y los siguientes componentes: leche entera, almidón de banano, cebolla, consomé, aceite y sal, en las proporciones que se presentan en el Cuadro 1 y de acuerdo a las recomendaciones reportadas por Aparicio, (2009) para este tipo de producto (proteína 8.4 g, grasa 13.5 g y almidón disponible 50 g). Primero se lavó la calabaza, se troceó, se molió, se secó, se pulverizó y pesó para ser mezclada con el almidón de banano y los demás componentes (Figura 1).

Cuadro 1. Formulación del alimento deshidratado en estudio

Componentes	Cantidad
Calabaza deshidratada	12.00 g
Leche entera en polvo	39.51 g
Almidón de banana verde	40,99 g
Aceite comestible	05.29 g
Consomé en polvo	02.00 g
Cebolla en polvo	00.80 g
Sal	00.40 g
Total	100 g

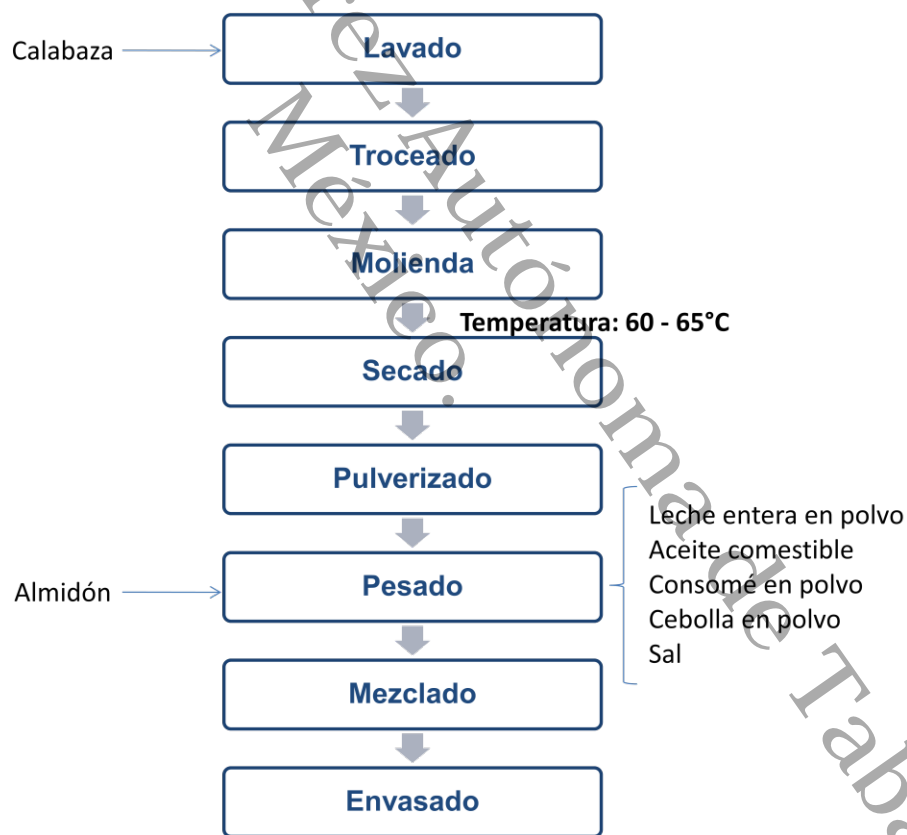


Figura 1. Esquema de obtención del alimento deshidratado de calabaza y almidón de banana.

5.1.4. Análisis fisicoquímico y nutrimental del alimento.

Al alimento formulado tipo sopa deshidratada con calabaza y almidón de banano se le realizaron los análisis de composición proximal (Cuadro 2), en el laboratorio de Bioquímica de la División de Alimentos de la Universidad Tecnológica de Tabasco (UT).

Cuadro 2. Análisis proximal del alimento tipo sopa deshidratado con calabaza y almidón de banano

Parámetro	Norma de referencia	Método
% Humedad	NMX-F-083-1986	Por desecación en estufa
% Cenizas	NMX-F-607-2002	Por calcinación en mufla eléctrica
% Proteínas	NMX-F-608-2002	Kjeldal – Gunnin
% Grasa Total (B.H)	NMX-F-615-2004	Soxhlet.
% Carbohidratos Totales	NMX-F-312-1978	Por diferencia

5.2. Ensayo clínico

5.2.1. Tamaño de muestra

La publicación de las tablas internacionales del índice glicémico recomiendan utilizar de cinco a siete sujetos para determinar el índice glicémico de un alimento (Gretebeck *et al* 2002). Para el cálculo del tamaño de muestra se usó una fórmula para muestras relacionadas utilizando los siguientes parámetros: error tipo 1 = 1.65, error tipo 2 = 1.28, área bajo la curva del estándar (Pérez y Palacios, 2008). En lo cual se obtuvo como resultado un tamaño mínimo de muestra de 7. En el presente estudio para aumentar la confiabilidad se estudiaron 12 sujetos.

5.2.2. Selección de los pacientes

El procedimiento de selección de los pacientes se realizó de acuerdo a los principios éticos nacionales e internacionales para las investigaciones médicas en seres humanos (Declaración de Helsinki, 2000).

Se revisaron los expedientes clínicos para la selección de los sujetos a estudio tomando sus datos personales (edad, sexo, peso, talla), antecedentes familiares, tiempo de padecer la enfermedad y tipo de tratamiento terapéutico. Se invitó a los probables participantes a una reunión en el Hospital de Zona No. 46 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) donde se explicó el proyecto de investigación, los objetivos, procedimientos y peligros potenciales del ensayo y se dividieron en dos grupos de estudio de ambos sexos. Cada sujeto tuvo una consulta con el nutriólogo antes de consumir el alimento de prueba. Los sujetos sanos fueron instruidos a consumir una dieta moderadamente alta en hidratos de carbono (por lo menos 300 g/día) tres días antes de la prueba para homogenizar el consumo previo de nutrimentos e hidratos de carbono (Chan, 2001), en el cual primero se procedió a determinar la cantidad de energía en la dieta tomando en cuenta sus características (talla, peso y género) (Harris y Benedict, 2006; Bergman y Hill, 2000 y Casanueva, 2001); luego se procedió a hacer la distribución de gramos y kilocalorías por macronutrimentos de la dieta (Cuadro 3), posteriormente se efectuó la distribución de energía en 5 tiempos de comida como se muestra en el Cuadro 4, en seguida se realizó el cálculo de los equivalentes según Pérez y Palacios (2008), y en el Cuadro 5 se muestra el plan de alimentación.

Cuadro 3. Distribución de nutrientes

Nutrientes	%	Gramos	Kilocalorías
Hidratos de Carbono	60	300	1200
Proteínas	15	75	300
Lípidos	25	56	500
Total	100	431	2000

Cuadro 4. Distribución de nutrientes por tiempos de comida

T. de Comida	%	Energía (Kcal)	Glúcidos (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)
Desayuno	20	400	60	15	11
Colación diurna	10	200	30	8	6
Comida	40	800	120	30	22
Colación vespertina	10	200	30	8	6
Cena	20	400	60	15	11
Total	100	2000	300	75	56

Distribución de Nutrientes en tiempos de comida/Kilocalorías

T. de Comida	%	Energía (Kcal)	Glúcidos (Kcal)	Proteínas (Kcal)	Lípidos (Kcal)
Desayuno	20	400	240	60	100
Colación diurna	10	200	120	30	50
Comida	40	800	480	120	200
Colación vespertina	10	200	120	30	50
Cena	20	400	240	60	100
Total	100	2000	1200	300	500

Cuadro 5. Dieta de 2000 Kcal., con 300 g de hidratos de carbono

Primer día:
<p>Desayuno: Agua de naranja: 120 ml jugo de naranja, 10 g de azúcar, 120 ml de agua. Huevo con ejotes: 50 g de huevo, 100 g de ejotes cocidos y 5 ml de aceite de olivo, 75 g de aguacate hass, Salsa verde o pico de gallo: 30 g. 50 g de pan integral, 200 g de sandía picada.</p> <p>Comida: Agua de Jamaica: 5 g de azúcar, agua y jamaica al gusto. Pollo encebollado: 120 g de pollo, 50 g de cebolla, 200 g champiñones, 150 g de pimiento morrón, 5 g de aceite de olivo (vinagre al gusto). Arroz al vapor: 200 g 240 g de gelatina</p> <p>Cena: Agua de naranja: 120 ml jugo de naranja, 10 g de azúcar, 120 ml de agua. Sopa crema de zanahoria: 250 g de zanahoria cocida, 10 g de margarina, 60 g de papa cocida, caldo de pollo y sal al gusto. Pan tostado 50 g. Pollo a la plancha: 40 g de pechuga de pollo (marinar al gusto).</p>

Sandía picada 200 g con yogurt descremado 100 ml.

Colación Diurna: 355 g de frutas picada y 100 ml de yogurt

Colación Vespertina: 355 g de verduras y tubérculos si desea puede agregarle limón, sal al gusto (jícama, pepino, lechuga, tomate, coliflor, brócoli, chayote, ejotes).

Segundo día

Desayuno: Agua de melón: 240 g de melón, 10 g de azúcar, agua al gusto

Ensalada de pollo: 60 g de pollo deshebrada, 100 g de zanahoria cocida, 15 g de chícharo, 60 g de papa cocida, 12 g de mayonesa light, 75 g habaneras integrales, 120 g de manzana picada

Comida: Agua de piña: 240 g de piña, 5 g de azúcar, agua al gusto.

Pollo adobado: 120 g de pollo, 40 g de tomate, 30 g de cebolla, 100 g de chile morrón, 5 ml de aceite de olivo (adobo al gusto).

200 g de arroz, 200 g de lechuga picada, 240 g de melón picado.

Cena: Agua de limón: 10 g de azúcar, agua 240 ml y limón al gusto.

Spaghetti: 120 g de pasta, 30 g de puré de tomate, 260 g de champiñones, 5 g de margarina, 10 g de media crema y 150 g de pavo

Durazno 150 g y 300 g de mandarina

Colación Diurna: Una barra de granola de 28g, y un yogur con fresas (100 ml).

Colación Vespertina: 355g de ensalada san francisco (lechuga, pepino, brócoli, queso fundido con aderezo mil islas)

Tercer día

Desayuno: Agua de jamaica: 10 g de azúcar, agua 240 ml y jamaica al gusto

Pollo con verduras: 60 g de pechuga deshebrada, 10 g de aceite de olivo, 15 g de cebolla, 25 g de tomate, 200 g de champiñones, 50 g de pan integral.

200 g de lechuga picada

Pera: 95 g picada

Comida: Agua de piña: 200 g de piña, 10 g de azúcar, agua al gusto.

Pechuga horneada: 120 g pechuga, aderezada con naranja agria, pimienta, ajo, 10 g de aceite

Verduras al vapor: 60 g de brócoli, 120 g de chayote, 5 g de margarina, 200 g de arroz.

Sandía picada: 200 g de sandia

Cena: Agua de piña: 200 g de piña, 10 g de azúcar, agua al gusto.

Pollo a la plancha: 60 g de pechuga de pollo (marinar al gusto).

Coliflor al vapor: 250 g

150 g de kiwi

Colación Diurna: Una barra de all-bran natural o con pasas de 32g y una gelatina (240 g) baja en calorías

Colación Vespertina 240 ml de agua natural, 100 ml de yogurt, y 355 g de ensalada de pepino rayado.

5.2.3. Descripción de los grupos de estudio

Conformación de los dos grupos de trabajo: un grupo testigo y un grupo experimental. El grupo testigo consistió en 12 sujetos clínicamente sanos de ambos sexos, con edades entre 20 y 50 años, con un índice de masa corporal entre 25 y 30. El grupo experimental consistió en los 12 pacientes seleccionados de ambos sexos, con edades entre 20 y 50 años, con diagnóstico de *diabetes mellitus tipo 2*, con un tiempo de fecha de diagnóstico no mayor a 10 años, con índice de masa corporal entre 25 y 30, sin complicaciones renales o hepáticas activas, con hemoglobina glucosilada < 8 %, con glucemias no mayores a 180 mg/dL y que se encuentren con control glucémico solo con dieta o con antihipoglucemiantes orales (Cuadro 8) (Gattás, 2007; Camarena, 2006; Granfeldt and Björck, 2006; Pérez, 2006; Brouns, *et al.*, 2005).

Cuadro 6. Características e indicadores bioquímicos de los sujetos en los que se determinó el índice glicémico.

Características	Controles	Diabéticos
Nº (Masculino / Femenino)	12 (5/5)	12 (5/5)
Edad (años)	25.3 ± 4	46 ± 3,4
Peso (kg)	62.18 ± 7	70.50 ± 7.6
Talla (cm)	165 ± 0,06	166 ± 0.07
IMC (kg/m ²)	22.87 ± 1,9	25.75 ± 2.5
Glucosa (mg/dl)	82.75 ± 8,5	160.83 ± 7

5.2.4. Análisis clínicos

Se recolectaron muestras de sangre periférica en ayunas y a los tiempos ya mencionados. Se separaron las muestras de suero por centrifugación, posteriormente se conservaron en refrigeración a -70 °C hasta la realización de las diferentes pruebas.

La determinación de glucosa, se realizó por medio del método enzimático-colorimétrico (Trinder, 1969) y del autoanizador SYNCHRON (Beckmann, 1997). Dichos equipos cuentan con un sistema de control de calidad continuo con sueros de control normal y

anormal cada día. Los coeficientes de variación para cada prueba deben ser menores del 5 %.

Los niveles de insulina sérica se determinaron de acuerdo con el método de inmunoensayo quimioluminiscente mediante partículas paramagnéticas utilizando el sistema de ensayo Access (Christofides, 1995).

5.2.5. Determinación de la respuesta glicémica e insulínica postprandial para la formulación que incluye almidón de banano y calabaza.

Se aplicaron dos tratamientos (T1 y T2). Los voluntarios de ambos grupos de estudio, se presentaron en ayuno, con un mínimo de 12 horas después de haber ingerido su último alimento y se realizó una determinación de glucemia en ayunas en muestras de sangre venosa periférica. El tratamiento 1 (T1) consistió en la ingestión de 50 g de glucosa anhidra diluida en 250 ml de agua. Los sujetos fueron instruidos para ingerir la totalidad de la porción ofrecida en un plazo de 15 minutos, permitiéndoseles solo 1 vaso de agua (250 ml) como acompañante. A los 15 min de haberse iniciado la ingestión se tomó la segunda muestra de sangre y se repitió a los diferentes tiempos 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min. Posteriormente se graficaron los resultados de glucemia / tiempo. Cinco días después de realizado el tratamiento 1, se aplicó el tratamiento 2 (T2), que consistió en 75 g del alimento bajo estudio diluido en 250 ml de agua, repitiendo los mismos tiempos y monitoreo que para el tratamiento 1 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Aplicación de tratamientos

Grupo Testigo	Grupo Experimental
Tratamiento 1:	Tratamiento 1:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glicemia en ayuno ▪ La bebida estándar de glucosa se preparo con un día de anticipación para lo que se requirió disolver 50 g de glucosa pura en polvo en un vaso de 250 ml con agua caliente, el cual fue cubierto y almacenado en refrigeración por toda la noche. ▪ Glicemia a 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glicemia en ayuno ▪ La bebida estándar de glucosa se preparo con un día de anticipación para lo que se requirió disolver 50 g de glucosa pura en polvo en un vaso de 250 ml con agua caliente, el cual fue cubierto y almacenado en refrigeración por toda la noche. ▪ Glicemia a 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis clínicos de muestra de sangre venosa periférica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis clínicos de muestra de sangre venosa periférica
Tratamiento 2:	Tratamiento 2:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glucemia en ayuno ▪ 75 g del alimento bajo preparado con 240 ml de agua tibia (60 °C) ▪ Medición de la glucemia a 0, 15, 30, 45, 60, 90, minutos ▪ Análisis de muestra de sangre venosa periférica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glucemia en ayuno ▪ 75 g del alimento bajo preparado con 240 ml de agua tibia (60 °C) ▪ Medición de la glucemia a 0, 15, 30, 45, 60, 90, minutos ▪ Análisis de muestra de sangre venosa periférica.

Se realizaron 2 tratamientos, tanto para el tratamiento 1 (alimento de referencia) como para el tratamiento 2 (alimento en estudio) se graficó el promedio de los valores de la concentración de glucosa en sangre (glucemia), obtenidos en los análisis clínicos, y se calculo el área bajo la curva de la respuesta postprandial al alimento. El Índice Glicémico se calculó a partir del valor basal (glucemia en ayuno) por medio de la siguiente ecuación (Leeds *et al.*, 2004):

$$IG = \frac{\text{Área bajo la curva del alimento a estudiar} \times 100}{\text{Área bajo la curva del alimento de referencia}}$$

La determinación de la carga glicémica (CG) se calculó multiplicando el valor del IG por la cantidad de carbohidratos contenidos en el alimento y se dividió el valor por 100. La carga glicémica (CG) indica cuanto estimulará la secreción de insulina un determinado alimento. La CG se calculo por medio de la siguiente ecuación (Leeds *et al.*, 2004):

$$CG = IG \times \text{gramos de HC de la porción} / 100$$

Las determinaciones de la respuesta glucémica se realizaron siguiendo el método empleado por FAO (1997) para determinar el índice glucémico de los alimentos.

Con el fin de tener una mejor idea de las respuestas metabólicas de los alimentos se calcularon no solo el IG sino también el Índice Insulinémico (InIn) tanto en sujetos sanos como con diabetes *mellitus tipo 2*, siguiendo los mismos pasos anteriormente descritos para el IG, pero utilizando los datos obtenidos de la concentración de insulina en las muestras de sangre en el análisis clínico.

5.2.6. Comparación de la respuesta metabólica a los hidratos de carbono entre el alimento con almidón de banano y calabaza y una porción equivalente en hidratos de carbono de un alimento de referencia.

Con la respuesta glucémica e insulínica obtenidas en sujetos sanos y sujetos con diabetes, se realizó una comparación de los resultados tanto con el alimento de referencia como el alimento en estudio. En ambos casos se compararon los datos.

5.2.7. Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores cuyas fuentes de variación fueron tiempo y glucosa. El mismo tipo de análisis se realizó con los datos de las muestras tiempo insulina. La diferencia mínima significativa (DMS) se determinó con la prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$); los análisis se realizaron con el programa Graph-pad prism (versión 3.0, GraphPad Software, San Diego).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización nutricional del alimento deshidratado que incluye en su formulación, almidón de banano y calabaza.

6.1.1. Porcentaje de almidón resistente en el almidón de banano

Para el banano verde estudiado, el rendimiento de almidón resistente (AR) resultó del 34.22 ± 1.5 %, una cantidad mayor a la reportada por Pérez (2006) pero similar a Lara (2010) (Cuadro 8). La resistencia a la digestión de los almidones ha sido relacionada con alto contenido de amilosa; Reyes (2000) y Aparicio (2003) reportaron del 30-36 % de amilosa en este mismo tipo de almidón.

Cuadro 8. Contenido de almidón resistente en el almidón de banano

Autor	Producto	% Almidón
Pérez, (2006)	Almidón Plátano	19.62*
Lara, (2010)	Almidón Banano	$31.97 \pm 1,7$
En esta investigación	Almidón Banano	34.22 ± 1.5
*No presenta desviación estándar		

6.1.2. Características fisicoquímicas de la formulación a base de almidón de banano

En el estudio nutricional del alimento deshidratado de banano verde se realizó una comparación con un alimento deshidratado tipo sopa comercial a base de vegetales mixtos y almidón de maíz modificado, una bebida a base de almidón de plátano y con otros alimentos de mayor consumo por los individuos.

La fórmula sin hidratar del alimento estudiado presentó valores promedio de $4.29 \pm 0.2\%$ de humedad, 11.77 ± 0.06 % de proteína, grasa 12.47 ± 0.07 %, carbohidratos 66.26 ± 0.26 % de y 4.79 ± 0.3 % de cenizas (Cuadro 9). Ubicando a este producto en una categoría de un alimento muy heterogéneo, que provee energía, principalmente de los hidratos de carbono. Esta característica se encuentra en la mayoría de los alimentos

deshidratados comerciales de vegetales, donde las proporciones de las grasas y proteínas tienden a variar de acuerdo a los sólidos presentes. Por otra parte, la relación de una mayor proporción de carbohidratos, seguido de la proteína y las grasas, al parecer no solo contribuyen a la saciedad del hambre, sino también al balance nutricional energético, teniendo un efecto positivo sobre algunas funciones biológicas del organismo humano, así como en el control de las deficiencias nutricionales y en la prevención de enfermedades crónicas, considerándose que la ingesta de este tipo de alimentos nutritivos podría favorecer el mantenimiento del balance de nutrientes en la dieta diaria y promover el equilibrio en la salud (Wicks *et al.*, 2006).

Cuadro 9. Composición química y nutrimental del alimento en estudio.

Parámetros	Por 100 g	Por porción (75 g)
Energía Kcal.	425.3 ± 0,05	319 ± 0.05
Proteína %	11.77 ± 0,06	8.28 ± 0.06
Grasas %	12.47 ± 0,07	9.35 ± 0.07
Carbohidratos %	66.26 ± 0,26	49.7 ± 0.26
Humedad %	04.29 ± 0,2	3.21 ± 0.2
Cenizas %	04.79 ± 0,3	3.59 ± 0.3

El porcentaje de humedad del alimento deshidratado es bajo y se considera que es un producto estable, que puede conservarse durante largos periodos de tiempo, presentando valores menores a los establecidos por las normas de calidad en México (NMX-F-083-1986 y NMX-F-058-1968), según las cuales en mezclas deshidratadas de caldos y sopas el contenido de humedad no puede ser mayor de 10 %.

Tomando en cuenta que la porción utilizada en la preparación del alimento deshidratado es de 75 g y que tanto las proteínas como la grasa son proporcionadas por la leche entera, estos nutrimentos resultaron semejantes que los reportados en el contenido nutricional de los productos comerciales analizando las etiquetas, como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Comparación de la composición química y nutrimental por porción de 75 g del alimento deshidrato en estudio.

Parámetros	Tablas	NMX-F-058-1968	Producto comercial	Pérez (2006)	Torres-Zapata, (2010)
Humedad	3.44 g	7.50 g	0.00	5.63 g	3.21 ± 0.2 g
Cenizas	2.22 g	3.75 g	0.00	2.97 g	3.59 ± 0.3 g
Proteínas	7.59 g	10.13 g	7.76 g	9.68 g	8.28 ± 0,06 g
Grasas	13.58 g	8.63 g	9.26 g	12.68 g	9.35 ± 0.07 g
Carbohidratos	48.17 g	45.00 g	48.17 g	44.06 g	49.70 ± 0.26 g
Total	75.00 g	75.00 g	65.19 g	75.00 g	74.13 g

En los Cuadro 11 y 12 se observa como en términos de energía la formulación en estudio está dentro los valores nutrimentales de referencia (VNR), ya que es similar a otros productos en el mercado, dando una densidad calórica de 318 Kcal., de las cuales el 12 % (10 – 15 %) proviene de proteínas, 26 % (25 – 30 %) de grasas y 62 % (60 – 65 %) de hidratos de carbono (Fomento de Nutrición y Salud y INCMNSZ, 2009; Bourges *et al.*, 2004; FNM/IOM, 2002).

Cuadro 11. Comparación del aporte energético por porción de 75 g del alimento deshidrato en estudio.

Parámetros	Tablas*	NMX-F-058-1968	P.C**	Pérez (2006)	Torres, (2010)
Proteínas (g)	30.36	40.50	31.02	38.70	35.31 ± 0.06
Grasas (g)	122.18	77.63	83.36	114.08	84.17 ± 0.03
Carbohidratos (g)	192.69	180.00	192.69	176.22	198.78 ± 0.05
Energía (Kcal)	345.23	298.13	307.07	329.00	318.26
* Pérez <i>et al</i> (2008), ** P.C (Producto Comercial).					

Cuadro 12. Comparación con otros alimentos de alto consumo, según la revista del consumidor (2009).

Alimento	Energía (Kcal.)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)
Sopa de vasito	304	6.5	12	42.5
Tres tacos de frijoles refritos con chile	250	7.5	4	47.5
Sándwich de jamón con queso manchego	267	14	8	34
Sándwich de jamón con queso americano	253	13	6	36
Sopa de Banano y Calabaza	319	8.28	9.35	49.7

Sobre el aporte de almidón resistente en el alimento deshidratado en estudio, tomando en cuenta estudios realizados previamente; el almidón de banano probó ser resistente a la hidrólisis por las amilasas digestivas *in vivo*, probablemente debido a la resistencia intrínseca de los gránulos de almidón del banano verde (Faisant, *et al*, 1995, Goñi, *et al*, 1996 y Pacheco, *et al*. 1998), relación amilosa/amilopectina, y las condiciones del procesamiento, el cual fue moderado (a 50 °C) y probablemente se mantuvo la estructura nativa, lo cual permitiría clasificarlo como almidón resistente tipo II.

Actualmente existe un considerable interés sobre el significado nutricional de las formas resistentes de los almidones en los alimentos (Yue y Waring, 1998), ya que diversas investigaciones sugieren que alimentos de digestión lenta, con un índice glicémico bajo en la dieta de individuos sanos y pacientes con diabetes e hipolipidemia están asociados con la reducción de la respuesta glicemia y reducción de la secreción de insulina y lípidos en la sangre (Anderson *et al*, 1994, Granfeldt, *et al*, 1995, Wolever y Brand, 1995). Por otra parte, la disponibilidad de AR en el alimento deshidratado de banano es importante no solo por estar asociado a la fibra dietética, sino por las implicaciones sobre la tasa de hidrólisis de los almidones y su influencia en la disminución de la curva postprandial y del índice glucémico (Pacheco y Testa, 2005; Pacheco, 2001).

Las formulaciones existentes en el mercado donde su fuente principal son los almidones de maíz, maltodextrinas contienen también sacarosa, provocando esta última osmolaridad alta. Bebidas libres de lactosa y gluten que no contienen ningún tipo de sustancias conservadoras contienen canola y ácidos grasos omega-3: bajas en grasas saturadas y colesterol, son ricas en antioxidantes y proponen un sistema *show release*, que ayuda a obtener respuesta glucémica baja, contribuyendo a un mejor control de la glucosa sérica, además de prevenir la hiperglucemia postprandial; el único inconveniente de estos productos en el mercado es el costo en que se encuentran (\$ 48.00 por 240 ml) lo cual dificulta la adquisición por la población a la que están dirigidos. Además se exige que se especifiquen claramente los componentes y la distribución calórica del producto ya que se puede provocar complicaciones metabólicas por consumirlos indiscriminadamente o sin control.

6.2. Respuesta glicémica e insulínica postprandial en sujetos sanos y pacientes con Diabetes Tipo 2 del alimento formulado con almidón de banano y calabaza.

El índice glicémico de la formulación a base de almidón de banano y calabaza fue de 31.79 según el cálculo de las áreas bajo la curva, para la respuesta a la glucosa oral al 50 % y a el alimento deshidratado de banano y calabaza que se muestran en la Figura 3, donde se tomó como referencia una solución de glucosa oral al 50 % y de acuerdo con Leeds *et al.* (2004) que indica que el factor índice glucémico en una escala en la cual la glucosa es igual a 100.

En la Figura 2 el efecto de la respuesta es de un grupo de sujetos sanos que después de la administración de alimento de referencia presentan un pico hiperglucémico a los 45 minutos con promedio (134.74 ± 5.2 mg/dl). Sin embargo cuando se administra el alimento deshidratado a base de calabaza y almidón de banano (Figura 3) el pico hiperglucémico se redujo a niveles normales promedio (96.67 ± 4.4 mg/dl).

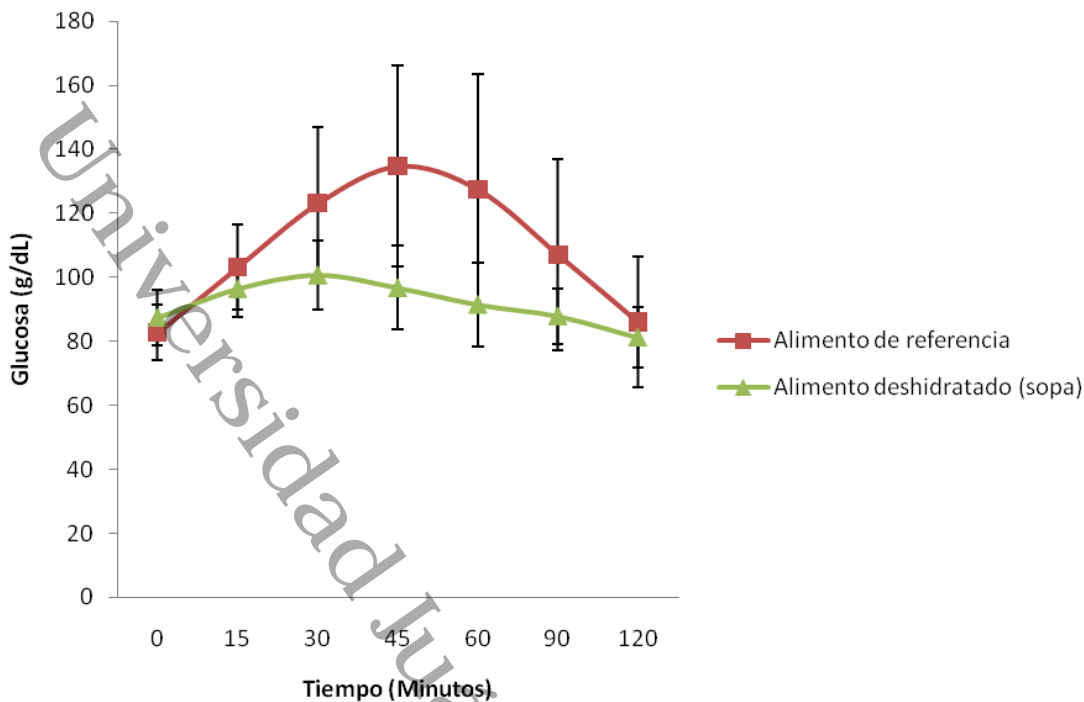


Figura 2. Efecto del alimento deshidratado a base de almidón de banana y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de sujetos sanos, comparados con la respuesta al alimento de referencia.

De acuerdo a la clasificación del índice glicémico que proponen Leed *et al.* (2004), si este es 70 o mayor tiene IG alto, 56 - 69 IG moderado y 55 o menor IG bajo, el alimento de prueba se encuentra en el rango de IG bajo, además de que presenta un porcentaje alto de resistencia a la digestión lo que significa una doble ventaja para la utilización del producto, tomando como referencia al alimento deshidratado. Por otro lado se encontró que el consumo de la sopa disminuyó la respuesta postprandial causandó una sensación de plenitud mayor a la observada con el alimento de referencia ya que los sujetos presentaron, después del consumo de la sopa menor ansiedad de ingesta de alimentos al terminar la prueba que cuando consumieron la bebida de referencia.

En la Figura 3 se puede observar el efecto del alimento deshidratado sobre la respuesta insulínica en sujetos sanos comparada con el alimento de referencia hay una reducción en la respuesta insulínica a los 30 minutos cuando se emplea el alimento deshidratado en comparación a los sanos.

En las Figuras 2 y 3 se muestran las variables de respuesta (glucosa g/dl e insulina mcg/ml con respecto al tiempo) para los 50 g de carbohidratos disponibles que se administraron a sujetos sanos.

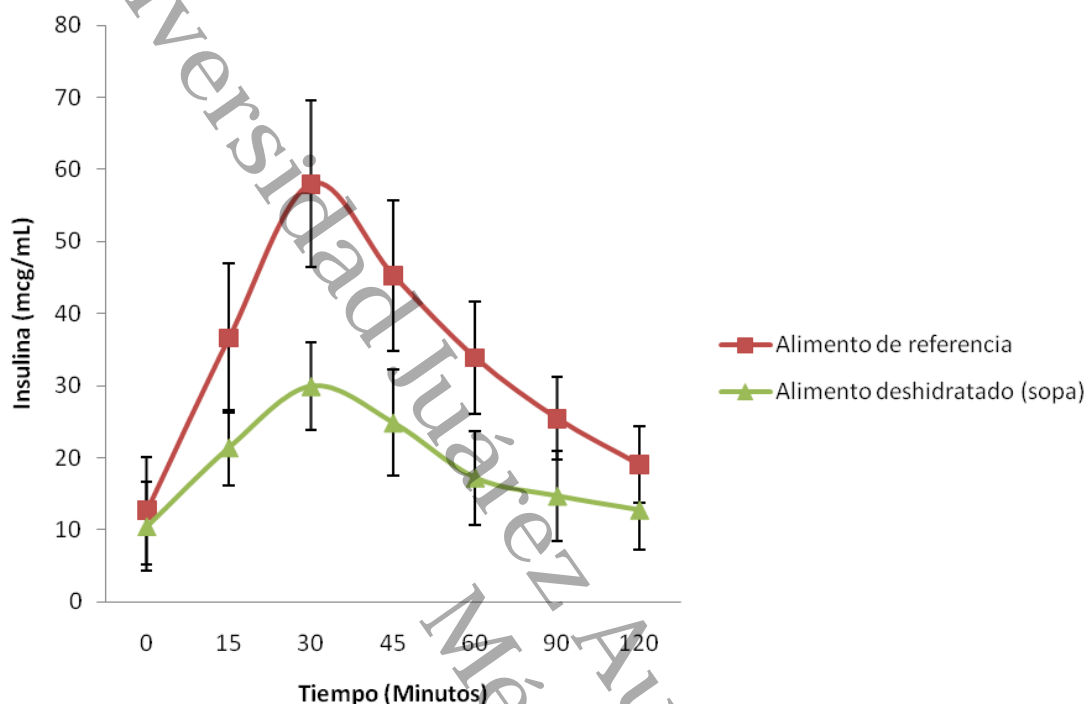


Figura 3. Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de sujetos sanos comparado con la respuesta al alimento de referencia.

En las Figuras 4 y 5 se muestran las variables de respuesta (glucosa g/dl e insulina mcg/ml con respecto al tiempo) para los 50 g de carbohidratos disponibles que se administraron a pacientes diabéticos.

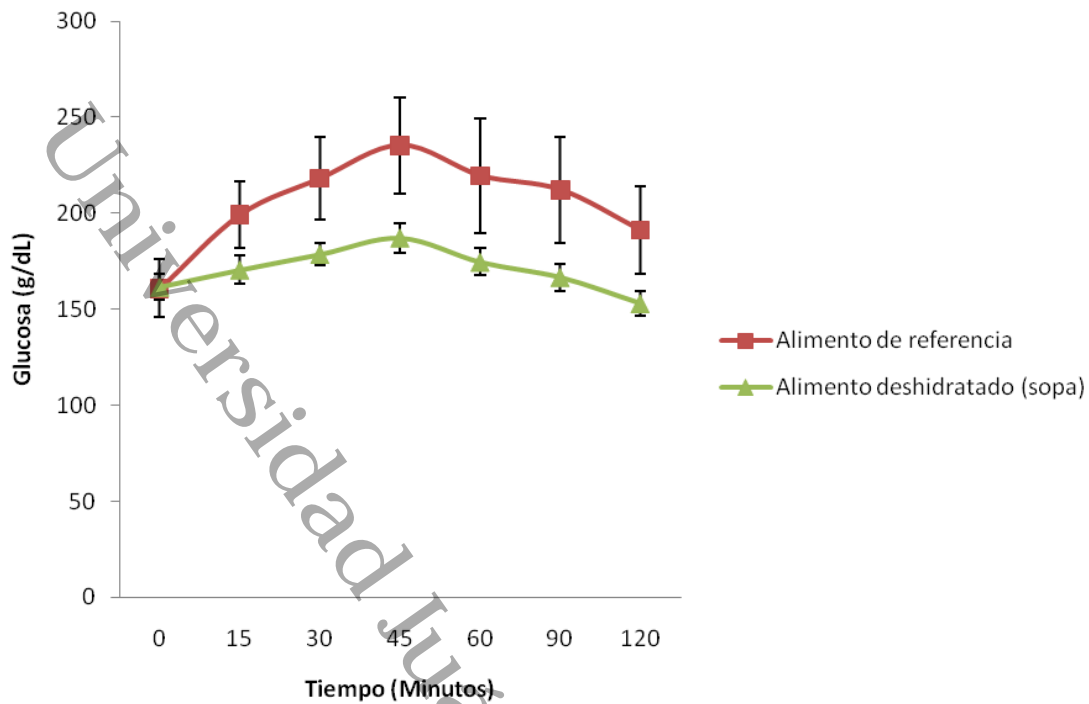


Figura 4. Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de pacientes diabéticos, comparado con la respuesta del alimento de referencia

Como se puede observar en la Figura 4, en los pacientes con diabetes, el pico hiperglucémico es alcanzado a los 45 minutos en comparación con el grupo de sujetos sanos donde este pico se presentó a los 45 minutos (Figura 2). Además, se puede observar que en el alimento deshidratado se redujo el pico hiperglucémico de los 45 minutos, lo cual se aprecia por el aplanamiento de la curva, ya que el área bajo la misma está disminuida.

La glucosa en el plasma (o en el suero) de sujetos sanos en ayuno varía de 82.75 a 107,08 mg/dl, cantidades presentadas en el grupo de estudios sanos (98 mg/d alimento de referencia y 90.9 mg/dl en el alimento deshidratado y la respuesta a los 30 min en sujetos sanos son 100.67 mg/dl; presentando el grupo del alimento de referencia una respuesta de 134.75 mg/dl en comparación con el alimento deshidratado de 96.67 mg/dl, esto es importante porque de esta estabilidad depende el aporte adecuado de glucosa al cerebro que utiliza el 50 % en condiciones basales, y entre más baja sea la absorción de

glucosa habrá menor secreción de insulina, siendo esta en parámetros normales de 10-100 mcg/ml).

De acuerdo a la Asociación Americana de Diabetes (ADA), se considera diagnóstica para DM una glucemia en ayuno de 126 mg/dl, los sujetos diabéticos en estudio presentan cifras arriba de lo normal (161 mg/dl). Cuando la hiperglucemia postprandial es mayor a 200 mg/dl se presentan complicaciones crónicas microvasculares y el alimento de referencia en diabéticos presentó 235 mg de hiperglucemia mientras que el alimento deshidratado no presentó niveles superiores a 200 mg/dl siendo el valor más alto 187 mg/dl (Cuadro 13). La ADA menciona, que cuando la hiperglucemia en ayuno es de 140 mg/dl, la glucemia postprandial será mayor de 200 mg/dl en sujetos diabéticos; con el alimento de referencia se alcanzaron estos valores ya que en ayuno iniciaron con 161 mg/dl y presentaron cifras postprandiales de 235 mg/dl. Sin embargo, en el alimento deshidratado la cifra postprandial fue de 187 mg/dl, sugiriendo que este alimento disminuye las posibles complicaciones crónicas microvasculares, de manera que el tratamiento que reciben estos pacientes es mejorado. La ADA establece que el tratamiento de la DM incluye de preferencia el empleo de carbohidratos complejos, alimentos con alto contenido de fibra y bajos en grasas y un consumo moderado de sodio. El alimento con almidón de banana entra dentro de la referencia.

Cuadro 13. Efecto del almidón digerible y almidón resistente en la glucemia de pacientes diabéticos.

Glucosa DM Total				
T (min)	Alimento de referencia (Glucosa oral)		Alimento deshidratado (Sopa)	
	Promedio mg/dl	n	Promedio mg/dl	n
0	161 ± 7.03	12	162 ± 6.93	12
15	199 ± 5.15	12	171 ± 7.28	12
30	218 ± 4.70	12	179 ± 5.74	12
45	235 ± 5.77	12	187 ± 7.66	12
60	220 ± 6.22	12	175 ± 7.16	12
90	212 ± 6.22	12	167 ± 6.93	12
120	191 ± 5.15	12	153 ± 6.48	12

En sujetos diabéticos los parámetros en ayuno solicitados son de 80-120 mg/dl de glucemia ya que estos valores se observan cuando ha existido una resistencia a la insulina por años de la intolerancia a la glucosa, en estas condiciones se disminuye la capacidad funcional de la célula β del páncreas. Como se observa en ambos grupos de las pruebas con pacientes diabéticos, estos iniciaron con cifras altas de glucosa que van desde 160 mg/dl para aquellos que recibieron el alimento deshidratado y 161 mg/dl para los que recibieron el alimento de referencia y continuaron aumentando durante los tratamientos hasta alcanzar cifras de 187 mg/dl para la sopa y 235 mg/dl para el alimento de referencia, respectivamente, cuando la norma establece cifras de 140 mg/dl postprandial. Estas cifras son consecuencia tanto de la producción hepática excesiva, como de la falta de utilización de glucosa en músculo, la hiperglucemia en parte es responsable de la disminución de la respuesta de la célula β al estímulo de la glucosa y de inducir y mantener alterada la acción de insulina. Por lo anterior, la hiperglucemia, además de ser un marcador bioquímico, es un factor patogénico que perpetúa el estado diabético, por eso ese efecto tóxico de glucosa implica, que cualquier medida que disminuya la hiperglucemia, como por ejemplo alimentos que tengan un factor hipoglucemiante incluso insulinémico, aumentará los niveles circulantes de la hormona y mejorará su acción y el alimento deshidratado presenta una respuesta lenta (187mg/dl) siendo su inicio de 161 mg/dl en un espacio de una hora aumentando solo 26 mg/dl en comparación con el alimento de referencia de 75 mg/dl.

El alimento de prueba no eleva los niveles de glucosa postprandial arriba de 200 mg/dl (alimento deshidratado 162 mg/dl), además de que la digestión se presentó en forma lenta y gradual como se observa en el comportamiento de glucosa proveniente de la sopa (Figura 3); con respecto a la respuesta insulínica, aumentó la sensibilidad en 8 – 10 min (Wartofsky, 2004) y alcanzó su concentración pico en sangre periférica a los 30 – 45 minutos, seguida de un rápido descenso de la glucemia postprandial, que regresó a los niveles previos después de 90-120 min. De los nutrientes que normalmente se ingieren, la glucosa es la que más estimula la secreción de insulina y en menor cantidad las proteínas y después los ácidos grasos libres (Torres y Herrera, 2005), permitiendo que regrese a los parámetros iniciales en el tiempo, concentración sérica de insulina en ayuno debe ser 10 mcg/ml, y raramente se eleva por arriba de 100 mcg/ml, como ha

establecido la ADA, se observa en este trabajo que después de la ingesta del alimento deshidratado se alcanzó la concentración de insulina pico en sangre periférica con valor de 14 mcg/ml en ayuno y 18 mcg/ml, en 120 min postprandial. Cuando se ingiere al alimento de referencia, se presentaron valores de 15 mcg/ml en ayuno y 23 mcg/ml, 120 min después (observando que la reserva de insulina estuvo disminuida en este grupo), en comparación con los sujetos sanos que alcanzaron respuestas más rápidas de 57.97 mcg/ml para el alimento de referencia y 29.95 mcg/ml para el alimento deshidratado porque su reserva pancreática normal, pero que si se insiste en consumir alimentos de fácil digestión, la reserva disminuye con el tiempo.

Como se observa en el Cuadro 14, la respuesta a la liberación de insulina postprandial en los pacientes diabéticos al consumir el alimento de referencia, fue mayor en 90 minutos (28 unidades) que la respuesta al consumir el alimento deshidratado ya que persistió la hiperinsulinemia después de la ingesta de alimento de referencia mientras que la hiperinsulinemia en la formulación de almidón de banano y calabaza fue menor a los 90 min (21 mcg/ml)

Cuadro 14. Efecto del alimento de referencia y el alimento deshidratado a base de almidón de banano y calabaza en la liberación de insulina en pacientes diabéticos.

Insulina DM Total	Alimento de referencia (Glucosa oral)		Alimento deshidratado (sopa)	
	Promedio mcg/ml	n*	Promedio mcg/ml	n*
T (Min)				
0	15 ± 4.51	12	14 ± 4.53	12
15	17 ± 3.53	12	20 ± 5.36	12
30	22 ± 4.63	12	27 ± 8.25	12
45	25 ± 7.54	12	24 ± 6.26	12
60	30 ± 9.86	12	22 ± 7.06	12
90	28 ± 8.95	12	21 ± 6.21	12
120	23 ± 6.51	12	18 ± 5.23	12

*n: tamaño de muestra

Una respuesta lenta a la digestión de hidratos de carbono permite al organismo regular de manera gradual la absorción de los nutrientes y las alteraciones metabólicas disminuyen (Korenman y Heber, 2006), la respuesta de insulina que ocurre en forma

aguda en los primeros 30 min posteriores a la ingesta del alimento (de prueba y de base) es insulina preformada, es decir, la almacenada dentro de los gránulos de las células β y se presenta en la circulación como un pico con una duración de 15-30 min; si el estímulo persiste, la concentración de insulina se eleva nuevamente, como segunda fase de secreción o fase tardía. Por otra parte si la glucemia se mantiene elevada por mucho tiempo, las células β se desensibilizan a este estímulo, pero no a otros, es decir, ya no responden a glucosa pero sí a otros nutrientes tales como amino ácidos y ácidos grasos o libres provocando la producción de triglicéridos en el hígado (Pacheco, 2001).

La utilización corporal de la glucosa después de su ingesta, ocurre en tejidos independientes de insulina: cerebro 50 %, hígado e intestino 25 % y el 25 % restante se lleva a cabo en los tejidos dependientes, principalmente en el músculo (Flores, *et al.*, 2001). Para que se pueda mantener este equilibrio, depende de que ocurra en forma simultánea y coordinada los siguientes procesos: secreción apropiada de insulina y captación adecuada de glucosa por el músculo (tejido periférico dependientes) hígado e intestino (tejidos asplánicos) (Torres y Herrera, 2005).

La duración de un alimento en el tracto digestivo es de 6-8 horas y su permanencia en el colon puede ser de hasta 2-3 días (Korenman y Heber, 2006), si bien la resistencia del alimento es cuantitativamente un componente minoritario en las alimentación humana, su paso a través del estómago y el intestino delgado sin sufrir digestión ni absorción explicaría que en el colon el almidón de banano contenido en el alimento deshidratado, se puede comportar como uno de los materiales más presentes en el mismo y puede desarrollar los efectos fisiológicos siguientes: aumento del peso y disminución de la consistencia de la heces, disminución del tiempo del tránsito intestinal, debido al contenido de almidón de banano encontrado (34.22 %) por lo que se recomienda sea objeto de un trabajo posterior.

Si bien es cierto que las condiciones en que se encuentre el tubo digestivo, además de la interacción con otros alimentos influyen, no deja de ser importante el comportamiento que tiene el producto en la respuesta metabólica. El sujeto DM2 utiliza hipoglucemiantes orales como terapia de tratamiento, el uso de estos medicamentos provocan alteraciones en el tubo digestivo después de un tiempo, ya que las indicaciones medicas recomendadas son ingerirlos junto con los alimentos, si estos no son los adecuados, el

tratamiento terapéutico provoca complicaciones gastrointestinales como por ejemplo constipación severa, diarrea, incontinencia fecal, vaciamiento gástrico inadecuado impidiendo que los nutrientes puedan ser aprovechados, el alimento conteniendo almidón de banano tiene la posibilidad de fermentarse en la última porción y podrá coadyuvar a disminuir dichos trastornos.

En la Figura 5 se observa que la respuesta de insulina al consumir el alimento deshidratado se presentó a los 60 minutos, mientras que la respuesta insulínica con el almidón resistente se presentó a los 30 minutos.

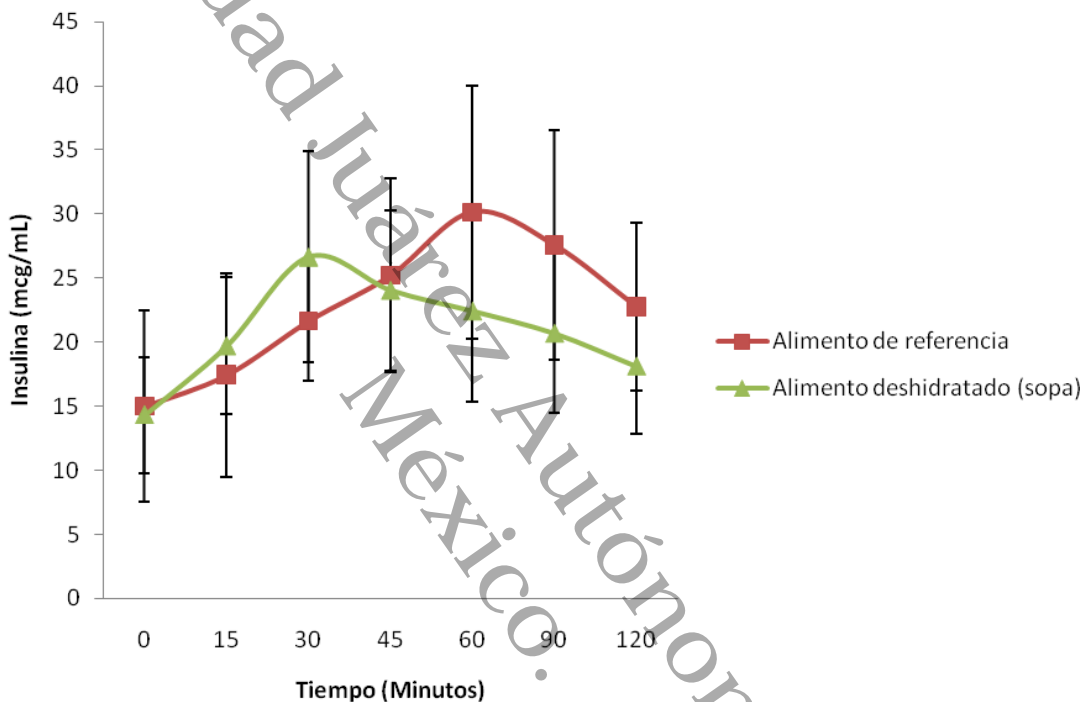


Figura 5. Efecto del alimento a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de pacientes diabéticos, comparado con la respuesta del alimento de referencia (Glucosa oral)

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se observa el desarrollo de la digestión *in vivo* del alimento conteniendo almidón de banano, con respecto al tiempo y se confirma lo publicado por investigadores como Eggleston *et al.* (1992) quienes afirman que el almidón de plátano verde es resistente a las amilasas pancreáticas. Esta resistencia a la degradación podría atribuirse a varios factores físicos como la morfología y estructura del gránulo del almidón de plátano que posee formas alargadas con diámetros de 40 μm y longitud hasta de 51.7 μm (Aparicio, 2003); Leeds *et al.* (2004) mencionan que la respuesta

fisiológica a los alimentos que contienen diferentes tipos de carbohidratos presenta también diferentes efectos en el metabolismo humano debido a las diferentes tasas de digestión y a la velocidad de absorción y que cantidades moderadas de alimentos azucarados no siempre generan un incremento dramático de la concentración de glucosa en sangre.

6.3. Comparación la respuesta metabólica a los hidratos de carbono presentes en la formulación que incluye almidón de banano y calabaza con la generada por la ingestión de una porción equivalente en hidratos de carbono de un alimento de referencia.

En la Figura 6, los niveles de glucemia fueron más elevados en el punto basal en pacientes diabéticos que en los sujetos sanos, además el pico hiperglucémico en los sujetos sanos fue a los 45 minutos mientras que en los pacientes diabéticos se encuentra a los 45 minutos igual; los resultados muestran una disminución muy significativa en la glucemia postprandial ($p < 0.001$) a los 30 minutos en los sujetos sanos, en los pacientes diabéticos según el pico hiperglucémico, hay una reducción muy marcada en la insulinemia.

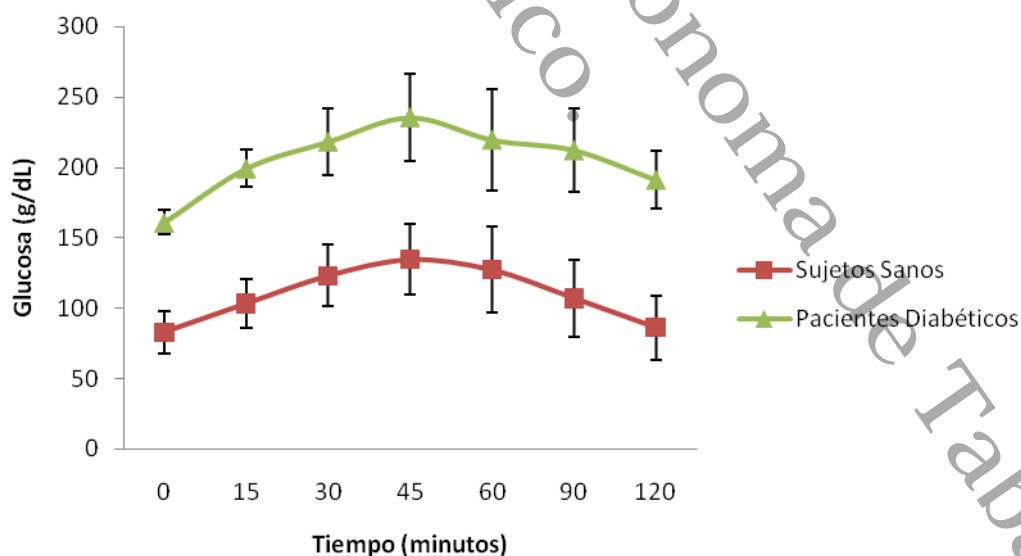


Figura 6. Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia (Glucosa Oral).

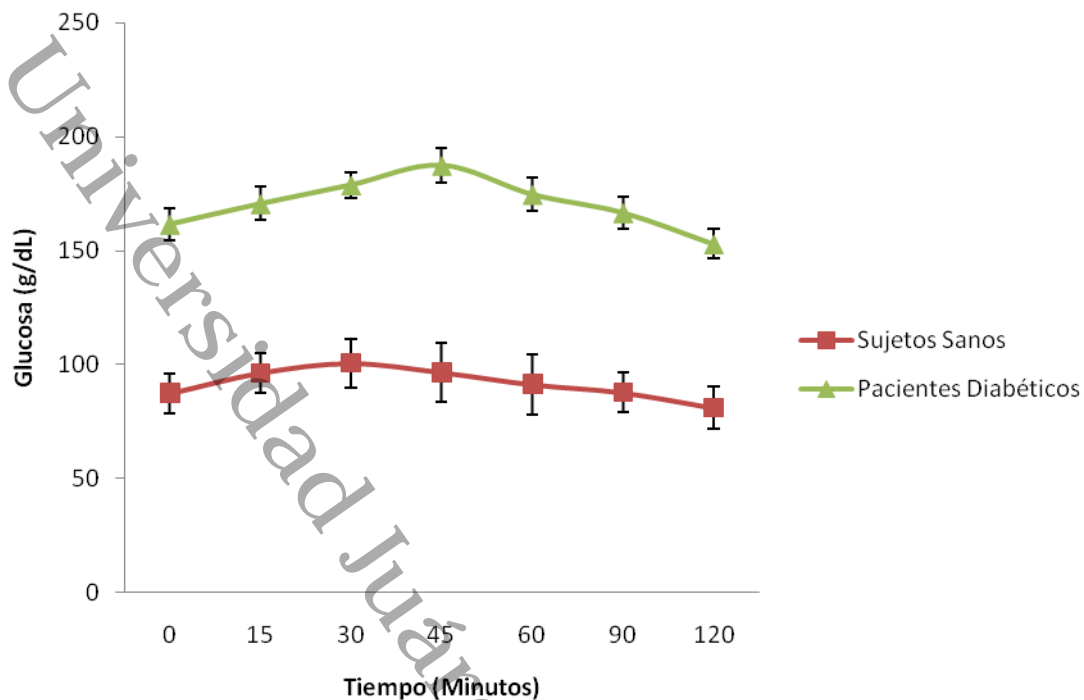


Figura 7.- Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento a base de almidón de banano y calabaza.

En la Figura 7 se comparan los niveles de glucemia a través del tiempo después de ingerir almidón resistente en sujetos sanos y diabéticos observando que en ambos casos hay un aplanamiento de las curvas a los 120 min; se observa una absorción de la glucosa en forma retrasada ya que la resistencia del almidón hace que la absorción digestiva total sea más lenta y los pacientes diabéticos pueden asimilar mejor la respuesta, esto produce una mayor reducción debido a su mayor viscosidad. Además de que la insulina es una hormona que no solo está involucrada en la regulación de los niveles de glucemia, también desempeña un papel importante en cuándo y cómo almacenamos grasa, ya que a menudo existen altos niveles de insulina en las personas obesas, en aquellos con altos niveles de grasa en la sangre, (ya sea colesterol, triglicéridos) esto sugiere que la respuesta baja en insulina, asociada con la resistencia de almidón e índice glicémicos bajos, ayudan al cuerpo a degradar la grasa en la respuesta glicémica (Leeds, *et al* 2004).

En la Figura 8 se observa que el pico de respuesta insulínica más alto en pacientes sanos se presentó a los 30 minutos y en el paciente diabético fue a los 60 minutos.

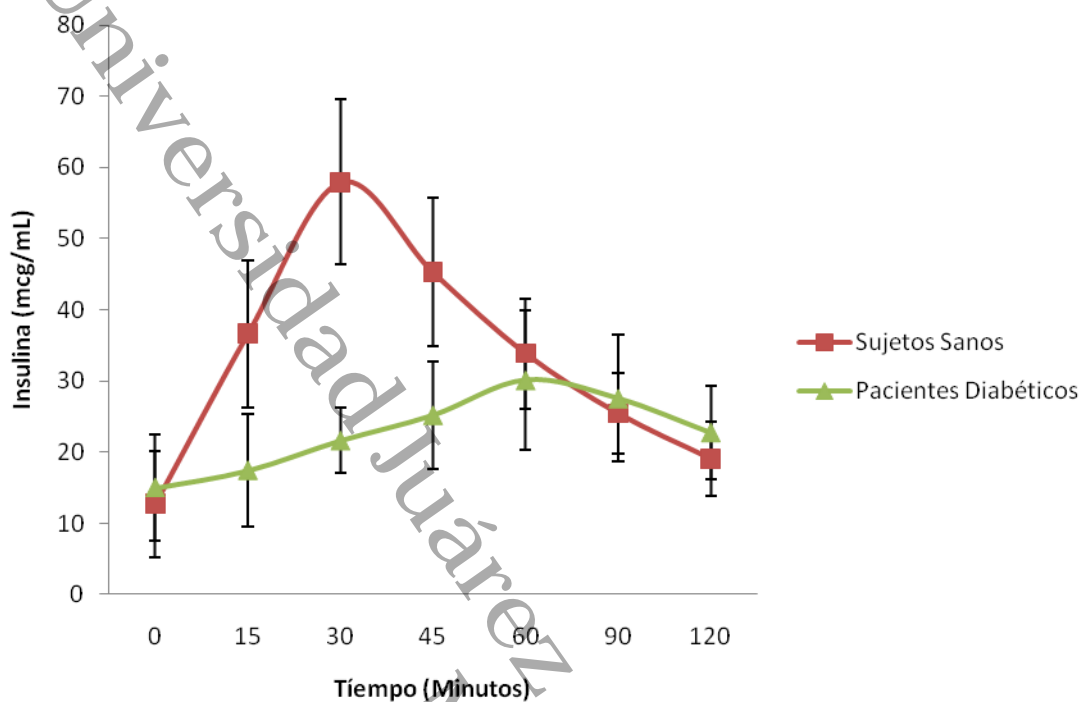


Figura 8. Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia (Glucosa Oral).

En la Figura 9 se observa que el pico de la respuesta insulínica es a los 30 minutos. Se observa una mejoría de la sensibilidad periférica a la insulina relacionada con la administración de almidón resistente ya que las personas que desarrollan diabetes *mellitus tipo 2* tienen tendencia a ser incapaces de producir la suficiente insulina para controlar los niveles de glucemia.

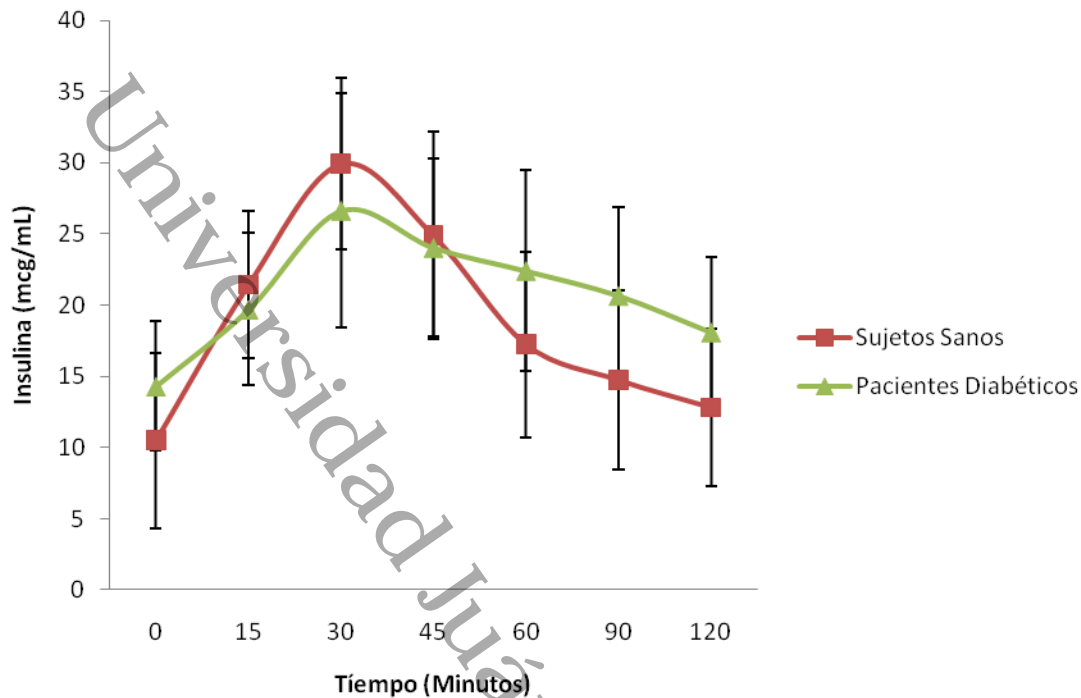


Figura 9. Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento a base de almidón de banano y calabaza.

El estudio de la hidrólisis del almidón *in vitro* permite obtener información relativa sobre el grado de gelatinización en un producto y predecir la biodisponibilidad del almidón (Tovar, 2001) y cuanto menos gelatinizado (hinchado) esté el almidón más lenta será la velocidad de digestión (Leeds *et al.*, 2004); el resultado obtenido (34,22 mcg/ml) ubica al almidón de banano verde como una fuente de carbohidratos de digestión lenta.

En estudios realizados para determinar la influencia que tiene la elección de ingredientes y las condiciones de temperatura han determinado que la tasa de hidrólisis de la fracción del almidón potencialmente disponible disminuye la resistencia del almidón de 5.4 % a 3 % (en base almidón) lo que infiere que, cuando los productos son sometidos a tratamientos y condiciones extremas disminuye su resistencia aunque el almidón sea resistente a la digestión.

No obstante, la evidencia presentada hace posible que los cristales de amilosa sean responsables del AR y no establece de manera inequívoca cuándo se generan estos cristales. Actualmente, la identificación del AR involucra una digestión con enzima amilolítica; por tanto, sigue siendo posible que el AR sea generado durante la incubación es decir, los α - glucanos cortos (1→4) se cristalizan como moléculas separadas, movilizadas por el rompimiento de la amilosa, más que por los segmentos movilizadas térmicamente dentro de las macromoléculas de amilosa. Este último mecanismo podría quizá ser probado mediante el desarrollo de métodos para detectar y medir los cristales de amilosa dentro del gránulo de almidón antes de la amilólisis. El primer mecanismo es más complejo y, por lo tanto, menos atractivo debido a que este implica la existencia de un estado extra potencialmente resistente de la amilosa (Russell *et al.*, 1988).

7. CONCLUSIONES

- Se consideró que la fracción de calabaza en polvo tuvo una contribución en el contenido de carbohidratos complejos y micronutrientes.
- El alimento de referencia en sujetos sanos eleva la respuesta postprandial arriba de los parámetros establecidos en 120 mg/dl de glucosa (hasta 134.8 mg/dl a los 45 min) y los 40 mcg/dl en insulina originales a 57.97 mcg/dl, en 30 min, mientras que la sopa, eleva los niveles originales de glucosa en 22.53 mg/dl y de insulina sugiriendo que si el individuo tiene la predisposición genética de desarrollar la enfermedad; esta podría presentarse en poco tiempo si el consumo de alimentos que contengan AD es constante.
- El alimento de referencia mantiene los niveles de glucosa e insulina elevados durante las dos horas de prueba provocando una resistencia en absorción y estimulando a las células β a seguir produciendo insulina, estos resultados durante periodos prolongados en un sujeto diabético pueden provocar complicaciones microvasculares.
- La sopa disminuye la hiperglucemia postprandial aún cuando los parámetros se inician elevados por la resistencia a la insulina precedente, los niveles son inferiores de los parámetros de inicio al término de la prueba sugiriendo un apoyo para estimular una absorción lenta y graduada retrasando el vaciamiento gástrico, disminuyendo la absorción y la secreción hormonal y previniendo complicaciones de salud.
- La formulación elaborada en este estudio obtuvo una resistencia a la degradación por las enzimas pancreáticas, así como un índice glucémico bajo y es una clara y benéfica alternativa para controlar los niveles de glucemia en ayunas y postprandial, tanto en diabéticos tipo 1 como en diabéticos tipo 2.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. 2002.** Official Methods of Analysis. Chemists. Washington, D.C., USA. pp. 6-9.
- A.O.A.C. 1984.** Methods of Analysis. Chemists. Washington, D.C., USA. pp. 5-10.
- A.A.C.C. 2002.** Approved methods of the AACC. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN. pp. 2-7.
- Aguirre, P., Galgani F., Díaz B. 2006.** Determinación del índice glicémico del alimento NUTRIDIABETIC® destinado a diabéticos tipo 2. Rev. Chil. Nutr., Santiago, v. 33.
- Alayón, A., Mosquera V., Alvear S., 2008,** Control glucémico y metabólico integral: dos metas complementarias para el paciente diabético, Rev. Salud Uninorte. Barranquilla, 24. pp. 8-12.
- Anderson, J. W., Smith, B. M. and Gustafson, N. J. 1994.** Health benefits and practical aspects of high fiber diets. Am. J. Clin Nutr. 55: 12425 - 12475.
- Aparicio, T. M. A. 2009.** Efecto de la lactosa sobre el índice glicémico y digestibilidad de un alimento a base de almidón de plátano Macho y Enano Gigante. Reporte de investigación. Fundación Produce Tabasco, A. C.
- Aparicio, T. M. A. 2000.** Comportamiento fisicoquímico y reológico de los almidones nativos y modificados de yuca, camote y plátano macho. Reporte técnico. CONACYT-SIGOLFO.
- Aparicio, T. M. A. 2003.** Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos y modificados de yuca, camote y plátano Valery. Tesis doctoral. Veracruz, México.
- Beckmann, T. 1997.** Catálogo de autoanalizadores SYNCHRON 33410.
- Bellisle, R., Diplock, A. T., Hornstra, G., 1998.** Functional food science in Europe. Am. J. Clin Nutr. 35: 34678 – 46781.
- Bergman, B.C. y Hill J. 2000.** Thermogenesis. en: Guyton, AC, Hall, JE. Tratado de Fisiología Médica. 10a Ed. Madrid: McGraw- Hill Interamericana, pp. 757 – 772.
- Bertran, M., Pérez, L. A., Roselló, M. E. 2006.** Postura del Colegio Mexicano de Nutriólogos sobre orientación en actividad física para la prevención y manejo de las enfermedades crónicas en el ciclo de la vida asociadas con la nutrición. Colegio de Nutriologo. 2da. Edit. Panamericana. México. Pp. 58-61.

Björck, I. 2000. Starch Nutricional Aspect. University of Lund, Lund Swenden. Pp 505 – 540.

Bourges, H., Casanueva G., Rosado J, 2004. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para población mexicana. Bases fisiológicas I. Vitaminas y Nutrimentos inorgánicos. Ed. Médica Panamericana. México. pp. 106-109.

Brouns, F., Björck, I., Frayn, K., Gibbs, A., Lang, V., Slama, G. and Wolever, T. 2005. Glycaemic index Methodology. Nutr. Research Rev. 18:145-171.

Cabrera, M. 2003. Extracción y caracterización química de almidón de plátano y banano de las variedades FHIA-01, 20, 21 y 23 Químicas, Universidad de Colima, K Colima-Coquimatlán, Coquimatlán, México. pp. 2-4.

Camarena, A. E. 2006. Determinación del Índice Glucémico de los Alimentos utilizando Cálculo Integral, Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto., México. pp. 3-7.

Casanueva, E. 2001. Nutriología médica, 2da. Edit. Panamericana. México. pp. 453-458.

Chan, N. 2001, The glycemic index values of Vietnamese foods. Eur J Clin Nutr; 55: 1076-83.

Christofides, S. 1995. Multicenter evaluation of enhanced chemiluminescence labeled-antibody immunoassay (Amerlite-MAB) for free thyroxine. Clin Chem. Jan; 41(1):24-31.

Declaración de Helsinki. Helsinki, Finlandia, 2000. Ratificada por la 52º Asamblea General, Edimburgo, Escocia.

Diplock , A. y Ashwell, M. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. Br J Nutr 81(suppl):S1–27.

ECCR 2000. European Commission Community Research, Project Report: Functional food science in Europe, v. 1; Functional food science in Europe, Scientific concepts of Functional Foods in Europe, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. pp. 4-9.

ECDCDM, 1997. Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care. 20, pp. 7.

Eggleston, G. I., Swennen, H. R. and S. I. Akoni, 1992. Physicochemical studies on starches isolated from plantain cultivars, plantain hybrids and cooking bananas. *Starch* 44: 121-128.

Englyst, H. S., Hudsons, G. J. 1996. The Classification and measurement Of dietary carbohydrates. *Food Chemistry*, v. 57, pp.15- 21.

ENSALUD, 2006. Encuesta nacional de salud y nutrición, resultados por entidad federativa, Tabasco. Pp.45-63

Faisant, N., Gallant, D. J., Bouchet, B. and Champ, M. 1995. Banana starch breakdown in the human small intestine studied by electron microscopy. *Eur. J. Clin. Nutr.* 49: 98-104.

FAO, 1997. Carbohydrates in human nutrition (FAO Food and Nutrition paper-66) Chapter 4. The role of the glycemic index in food choice. FAO/WHO, Rome.

FAO, 1998. Food and Agriculture Organization,. Carbohydrates in Human Nutrition. Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates. April 14-18, Italy, Rome. FAO.

Flores, F., Cabeza, A. y Calarco, E. 2001. Endocrinología. Ed. Méndez. México. pp 391-482.

FNB / IOM, 2002. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Food and Nutrition Board (FNB), Institute of Medicine (IOM) pp. 465-608.

Fomento de nutrición y salud A.C y INCMNZ (Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Subirán), 2009, Menú familiar para comer sanamente, México. Pp. 12-17.

Foster-Powell K., H. A. S., and Brand-Miller J. C. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: *Rev. Am J Clin Nutr.* American Society for clinical nutrition. pp. 1-6.

Franz, M. J. 2003. The Glycemic Index: Not the most effective nutrition therapy intervention. *Diabetes Care*, 26, pp 6 – 12.

Gattás, V. 2007. Determinación de los índices glicémicos y de insulina en fórmulas para alimentación enteral en adultos sanos, *Rev Méd Chile.* Pp. 3-6.

Goldberg I. 1994. Functional Foods: Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals; springer; series: Diet therapy. Pp. 4-8.

Goñi, I., García-Díaz, L., Mañas, E., and Saura-Calixto, A. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. Food Chem. 56: 445-449.

Gorosquer E. F., 2004, Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano. Estudio en planta piloto, v.55, pp.7-9.

Granfeldt, X. W. and Björck, I. 2006. Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal, Department of applied nutrition and food chemistry, department of food technology, engineering and nutrition, lund University, Sweden. pp. 6-13.

Granfeldt, Y., Drews, A. and Drews A. 1995. Arepas made from high amylose corn flour produce favorably low glucose and insulin responses in healthy humans. J. Nutr. pp. 3-4.

Gretebeck, R. J., Gretebeck K. A., Tittelbach T. J. 2002. Glycemic index of popular sport drinks and energy foods. JADA. pp.4-8.

Harris, J. A. and Benedict, F. G. A. 2006. Biometric study of human basal metabolism. Proceedings of the national academy of sciences of the united States of america. pp. 5-9.

Heller, 1998. Anatomía y fisiología de la digestión y absorción de carbohidratos. Desarrollo de la función de amilasas en el tubo digestivo. ACTA PEDIATR MEX; pp. 12-5.

Jenkins, D., Kendall, C., Agustin, L., Fancheschi, S., Hamidi, M., Marchie, A., Jenkins, A., Axelsen, M. 2002. Glycemic Index: overview of implications in health and disease. American Journal of Clinical Nutrition, pp. 78-82.

Korenman, S. y Heber, D. 2006, Atlas de endocrinología clínica, nutrición y obesidad humana. Ed. T. G. Hostench, S. A. España. pp. 234-241.

Lara, R., 2010, Optimización del secado por aspersión de almidón de plátano (Musa cavendish). Tesis de Maestría en Ciencias Alimentarias. UJAT. Tabasco, México. Pp. 35-41.

Leeds, A Brand, M, J. y Powell, F. 2004. No todos los carbohidratos engordan. Ed. Panorama. México. pp. 59-60.

Mataix, V, J. 2004. Nutrición y alimentación humana. Ed. Océano/Ergon. España. Pag.1166-1167.

NMX-F-058-1968. Alimentos. Sopas deshidratadas. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. pp. 2-7.

NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. pp. 1-8.

NMX-F-312-1978. Alimentos. Determinación de reductores directos y totales en alimentos. pp. 2-9.

NMX-F-607-2002. Alimentos. Determinación de Cenizas en productos alimenticios. pp. 2-3.

NMX-F-608-2002. Alimentos. Determinación de Proteínas en alimentos. Métodos de prueba.

NMX-F-615-2004. Alimentos. Determinación de Extracto etereo (Método Soxhlet) en alimentos. Método de prueba. CANCELA A LA NMX-F-089-S-1978). pp. 3-6.

NOM-015-SSA2-1994 Norma Oficial Mexicana, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes *mellitus* en la atención primaria. pp. 12-17.

NOM-174-SSA1-1998 Norma Oficial Mexicana. Para el manejo integral de la obesidad. pp. 21-26.

Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2009. Escalada general de la diabetes alcanza ya niveles alarmantes, Noticias e Información Pública, Comunicado de Prensa. pp. 8-13.

Pacheco, D. E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde, Digestibilidad in vitro del almidón. Acta Científica Venezolana 52, 278–282.

Pacheco, D. E., Sequera, B. and Herrera, I. 1998. Plant starches and oils. Their influence on digestion in rats. J. Sci. Food Agric. pp. 381-386.

Pacheco, E. y Testa G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. Revista Interciencia 30(5), pp.300-305.

Pacheco–Delahaye, E., Jesús, P., Armary, P. Herrera, I. 2006, Características físicas y nutricionales de extruidos de plátano verde, Ocumo chino y maíz, Acta Científica Venezolana, pp. 144-148.

Pérez Conesa, Jo, 2009. Generalidades básicas. El libro del saber culinario. Madrid: Alianza Editorial. pp. 33.

Pérez, A., y Palacios, B. 2008. Sistema mexicano de alimentos equivalentes. 3ra. edición. México D.F. pp. 14-36.

Pérez, S. 2006, Efecto del consumo de una formulación que incluye almidón resistente en la glucemia postprandial de pacientes con diabetes *mellitus tipo 2*. México, División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Tesis de Maestría en Ciencias Alimentarias. Pp. 33-42.

Ramírez, F B. 2009, Determinación de la respuesta glicémica del almidón resistente de arroz en pacientes sanos., El Portal de la Salud. pp. 3-12.

Redondo, M. L. 2001. La fibra terapéutica. Glosa Ediciones Barcelona España. pp. 135-150.

Reyes, A. C. 2000. Caracterización fisicoquímica del almidón extraído de tres clones de plátano. Tesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. pp. 2-4.

Rivas-González, M., 2008. Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado. Agrociencia, vol.42, n.5, pp. 487-497.

Rodríguez, S. 2007, Diabetóloga, Clínica de la Diabetes, Hospital “Gustavo A. Roviroso”. pp. 3-4.

Romero, L. G., Charr A. L. y Calle-Pascual A. L., 2009, Índice glucémico y tratamiento nutricional de las personas con diabetes *mellitus*, Rev. Endocrinología v. 49 pp. 13-17.

Rusell, P. L., Berry, C. S., and Greenwell, P. 1988. Characterization of Resistant Starch from Wheat and Maize. Journal of Cereal Science, pp. 1-5.

Ryder, E., Gómez M E., Fernández V., 2009, Respuesta de la Glucosa/Insulina a una sobrecarga glucosada en sujetos con riesgo a diabetes tipo 2. Invest. clín. v.42, pp.255-268.

SS, 2007. Secretaría de Salud (Boletín de Información Estadística. Recursos y Servicios, N° 7, vol 3. Sistema nacional de salud. México. Pp. 14-17.

- Topping, D. L. 1996.** Short-chain fatty acids produced by intestinal bacteria. Asia Pacific J. Clin.Nutr, pp. 15-19.
- Torres, G. A. y Herrera, L. 2005.** Intolerancia a la glucosa, nueva entidad patológica. Bayer de México, S. A. de C. V. pp. 4-5.
- Torres, T. N., Palacios-González B., Noriega-López L., Tovar-Palacio A. R., 2006,** Índice glicémico, índice Insulinémico y carga glicémico de bebidas de soya con un contenido bajo y alto en hidratos de carbono, Rev. invest. clín. , v.58, pp. 7-8.
- Tovar, J. 2001.** Generalidades del almidón. Memorias del Curso: actualización en química y nutrición del almidón. Yautepec, Morelos. México. pp. 7-12.
- Trinder, P., 1969.** Determination of glucosa in blood using glucoide oxidase with an alternative oxygen acceptor. Ann Clin Biochem, pp. 1-5.
- Vázquez, M. C. 2005.** Alimentación y nutrición: Manual teórico-práctico", Ediciones Díaz de Santos. pp. 5-15.
- Vázquez-Martínez M., Gómez-Dantés, L., Fernández-Cantón A., 2006,** Diabetes *mellitus* en población adulta del IMSS. Rev Med Inst Mex Seguro; pp. 13-26.
- Villarreal-Ríos, E. Salinas-Martínez A, Garza-Elizondo ME, Núñez-Rocha GM. 2009.** Estructura del Mercado de los Servicios de Salud en México. Rev Inst. Mex. Seguro Soc.; pp. 65-69.
- Wartofsky, L., 2004.** MKSAP 13. Medical Knowledge Self-Assessment Program. Ed. American College of Physicians. pp. 5-8.
- Wicks, R.; Trevena, L.; Quine, S. 2006.** Experiences of food insecurity among urban soup kitchen consumers: Insights for improving nutrition and well-being. Journal of the American Dietetic Association, pp. 12-19.
- Wolever, M. S., Brand M., 1995.** Sugar and glucose control. Am. J. Clin. Nutr. pp. 212-227.
- Yue, P. and Waring, S., 1998.** Resistant starch in food applications. Cereal Food World. pp. 690-695.

9.- ANEXOS

ANEXO 1. CARTA DE CONSENTIMIENTO FIRMADA POR LOS SUJETOS VOLUNTARIOS INCLUIDOS EN LA PRUEBA CLÍNICA APLICADA EN EL ESTUDIO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

EFFECTO DEL CONSUMO DE UNA FORMULACIÓN QUE INCLUYE ALMIDÓN RESISTENTE EN LA RESPUESTA POSTPRANDIAL DE PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2

El que suscribe _____ en pleno uso de mis facultades, manifiesto que se me ha invitado a participar en un estudio de investigación que EL Instituto Mexicano del Seguro Social y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco realiza sobre la formulación de almidón resistente de banano, que es un producto obtenido del banano verde y que se combina con leche y grasa vegetal y que se espera ayude a mejorar la respuesta postprandial del diabético tipo 2. Este estudio se llevará a cabo en 30 pacientes y tendrá una duración aproximada de dos meses.

Los investigadores me han informado de manera detallada todos y cada uno de los pasos del estudio, el objetivo a cumplir y las implicaciones clínicas así como los efectos adversos que pudieran presentarse. También se me ha informado que antes de entrar al estudio se me realizarán una valoración clínica y de laboratorio, para evaluar si soy candidato al estudio. Se me ha informado que si soy seleccionado, debo de cumplir con las indicaciones médicas que se me indiquen, asistir a mis consultas y a la toma de muestras en las fechas indicadas, estoy enterado que la toma de muestras de sangre podrá ocasionarme alguna molestia. Sé que el beneficio que este estudio puede brindarme es llegar a controlar mi enfermedad y evitar sus complicaciones, sin embargo puede ser el caso de no lograr este objetivo.

Se me ha informado que para la toma de muestras en el laboratorio solo se utilizaran jeringas y agujas nuevas y desechables y que toda la información recopilada durante este estudio es confidencial, en conformidad con la ley.

Se que mi médico puede dar por terminada mi participación en este estudio si no sigo las instrucciones del mismo, si se considera que es por propio beneficio o en el caso de ser cancelado este estudio por el IMSS/UJAT.

Tengo el conocimiento de que mi participación es voluntaria y que en el momento en que yo lo decida puedo retirarme del estudio sin que con esto me vea afectado en cuanto a la atención médica que recibiré.

He leído cuidadosamente éste documento y he solicitado se me aclaren todas mis dudas, mi participación en la investigación es voluntaria, se que constantemente recibiré información sobre lo relacionado a esta sustancia aunque esto, afecte mi decisión de seguir participando en el estudio. Si en el futuro tuviera alguna duda, el personal de Investigación del IMSS o de la UJAT está en la mejor disposición para aclararla.

Estoy de acuerdo en que el Dr. Jorge Luís Blé Castillo (responsable del estudio) y la DACA, UJAT, utilicen mi reporte de resultados de manera anónima, para futuras investigaciones médicas. Estoy enterado(a) que en caso de alguna urgencia deberé comunicarme con la Nutriólogo Angel Esteban Torres Zapata a los teléfonos 044 9932 13 86 09, o con el M en C Jorge L. Blé Castillo al 3 54 32 38.

NOMBRE Y FIRMA DEL
PARTICIPANTE

NOMBRE Y FIRMA DE TESTIGO 1

NOMBRE Y FIRMA DE
TESTIGO 2

NOMBRE Y FIRMA DE QUIEN
EXPLICA EL CONSENTIMIENTO
INFORMADO

ANEXO 2.- DATOS ANTROPOMÉTRICOS DE LOS SUJETOS SANOS EN ESTUDIO

No	NOMBRES	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	IMC
		4,1851	7,0918	0,0687	1,9653
1	PACIENTE	19	51,2	1,57	20,77
2	PACIENTE	19	62	1,59	24,52
3	PACIENTE	21	63	1,7	21,80
4	PACIENTE	34	61	1,59	24,13
5	PACIENTE	19	77	1,78	24,30
6	PACIENTE	21	59	1,57	23,94
7	PACIENTE	19	53	1,71	18,13
8	PACIENTE	19	65	1,63	24,46
9	PACIENTE	23	59	1,61	22,76
10	PACIENTE	21	61	1,62	23,24
11	PACIENTE	21	63	1,7	21,80
12	PACIENTE	20	72	1,71	24,62
TOTAL		256,00	746,20	19,78	274,48
PROMEDIO		21,33	62,18	1,65	22,87

ANEXO 3.- DATOS DE GLUCOSA E INSULINA DE SUJETOS SANOS

T0 (mg/dl)				T15 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
80	86	9,1	8,2	115	100	35,6	25,3
74	73	10,2	8,7	99	97	41,5	36,1
81	85	13,5	9,1	116	91	46,3	18,5
94	97	9,1	8,5	124	103	24,1	21,3
77	74	11,3	9,3	97	80	48,6	19,3
74	98	8,3	8,1	96	101	32,1	17,1
74	77	15,3	9,3	81	80	49,5	19,9
97	95	9,2	8,5	104	100	21,8	17,8
76	89	10,2	9,1	90	94	26,7	18,4
92	94	35,3	30,1	122	101	42,3	21,4
91	89	8,5	8,2	99	106	24,9	18,7
83	92	12,4	8,7	96	104	46,2	23,5
993,00	1049,00	152,40	125,80	1239,00	1157,00	439,60	257,30
82,75	87,42	12,70	10,48	103,25	96,42	36,63	21,44

T30 minutos (mg/dl)				T45 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
140	105	57,6	32,1	143	94	51,3	21,9
102	101	68,1	38,3	139	95	56,3	24,2
135	95	69,4	32,6	141	90	59,1	23,6
149	100	49,3	28,1	161	95	42,4	20,3
99	81	48,1	24,1	95	79	41,3	19,7
156	109	43,8	30,5	173	111	47,7	18,4
93	85	72,6	31,2	127	87	35,8	23,6
113	105	41,6	23,5	105	99	20,3	18,3
91	98	45,3	17,1	75	93	40,3	25,7
142	123	66,7	34,1	167	131	46,1	33,1
146	105	67,9	30,4	169	94	52,7	44,2
112	101	65,2	37,4	122	92	50,2	25,7
1478,00	1208,00	695,60	359,40	1617,00	1160,00	543,50	298,70
123,17	100,67	57,97	29,95	134,75	96,67	45,29	24,89

T60 minutos (mg/dl)				T90 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
151	90	43,4	14,5	122	88	35,2	7,4
140	89	38,9	14,9	127	84	26,4	12,4
116	87	44,1	14,9	96	85	30,9	13,2
151	93	36,2	15,2	121	92	23,7	14,8
92	77	24,3	14,5	88	76	17,3	12,2
164	102	33,2	14,2	147	100	25,6	11,9
143	79	30,1	16,7	126	76	25,9	13,7
89	82	19,9	15,8	78	79	15,1	14,6
68	88	29,5	16,8	57	92	23,5	13,8
154	127	27,4	14,2	113	103	21,9	13,1
177	93	40,3	37,6	145	92	30,5	33,5
84	90	39,2	17,6	65	87	29,3	16,1
1529,00	1097,00	406,50	206,90	1285,00	1054,00	305,30	176,70
127,42	91,42	33,88	17,24	107,08	87,83	25,44	14,73

T120 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
77	76	34,7	8,9
91	73	17,3	10,4
71	80	17,2	11,3
114	89	17,8	12,8
74	75	13,2	9,5
129	97	18,3	10,9
81	69	19,5	9,4
76	74	14,9	12,3
66	72	19,1	11,5
97	94	18,7	11,8
97	90	19,6	29,4
59	85	18,4	15,3
1032,00	974,00	228,70	153,50
86,00	81,17	19,06	12,79

Promedio de los datos bioquímicos (Glucosa e Insulina) de sujetos clínicamente sanos								
TIEMPO	GLUCOSA 1	DE	GLUCOSA 2	DE	INSULINA 1	DE	INSULINA 2	DE
T0 (mg/dl)	82,75	8,54	87,42	8,71	12,70	7,43	10,48	6,19
T15min. (mg/dl)	103,25	13,26	96,42	8,71	36,63	10,38	21,44	5,21
T30min. (mg/dl)	123,17	23,84	100,67	10,86	57,97	11,59	29,95	6,03
T45min. (mg/dl)	134,75	31,26	96,67	13,12	45,29	10,43	24,89	7,31
T60min. (mg/dl)	127,42	36,05	91,42	13,06	33,88	7,74	17,24	6,51
T90min. (mg/dl)	107,08	29,92	87,83	8,59	25,44	5,71	14,73	6,29
T120min. (mg/dl)	86,00	20,46	81,17	9,47	19,06	5,27	12,79	5,51

ANEXO 4.- DATOS ANTROPOMÉTRICOS DE LOS PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2 EN ESTUDIO

No	NOMBRES	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	IMC
1	PACIENTE	47	62	1,57	25,15
2	PACIENTE	49	54	1,59	21,36
3	PACIENTE	46	68	1,7	23,53
4	PACIENTE	50	69	1,59	27,29
5	PACIENTE	42	72	1,78	22,72
6	PACIENTE	39	65	1,57	26,37
7	PACIENTE	50	76	1,71	25,99
8	PACIENTE	48	81	1,66	29,39
9	PACIENTE	48	75	1,61	28,93
10	PACIENTE	44	79	1,67	28,33
11	PACIENTE	45	69	1,7	23,88
12	PACIENTE	50	76	1,71	25,99
TOTAL		558,00	846,00	19,86	308,94
PROMEDIO		46,50	70,50	1,66	25,75

ANEXO 5.- DATOS DE GLUCOSA E INSULINA DE PACIENTES CON DIABETES TIPO 2

T0 (mg/dl)				T15 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
167	163	7,3	7,6	192	175	12,1	12,4
160	159	7,5	7,8	205	164	18,9	20,3
159	161	34,2	16,3	199	170	37,1	19,8
171	169	10,4	12,4	197	178	12,5	16,7
163	164	15,7	16,1	194	173	20,5	27,1
169	170	7,1	8,3	190	179	8,4	8,9
164	164	15,3	14,6	199	173	17,8	16,3
154	155	16	19,6	207	164	25,3	24,8
145	148	13,9	14,8	201	157	17,6	19,8
162	160	21,2	20,3	202	169	7,9	24,3
157	155	13,5	14,5	203	164	14,9	23,4
159	172	18	19,5	201	181	16,4	22,7
1930,00	1940,00	180,10	171,80	2390,00	2047,00	209,40	236,50
160,83	161,67	15,01	14,32	199,17	170,58	17,45	19,71

T30 minutos (mg/dl)				T45 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
4,70	5,74	4,63	8,25	5,77	7,66	7,54	6,26
212	180	13,4	14,1	228	198	13,7	13,7
225	177	24,4	34,8	241	184	29,6	30,2
219	176	17,3	25,7	235	186	17,4	24,1
216	187	15,4	17,2	233	194	23,4	17,2
213	180	21,9	31,6	230	189	27,9	26,7
210	186	24,6	20,1	224	195	15,3	20,1
218	179	17,3	19,5	235	187	18,4	17,1
225	175	24,8	36,2	243	180	31,3	30,6
219	168	28,2	20,2	236	173	36,4	20,1
220	176	25,4	37,5	239	185	31,8	32,8
221	174	24,1	28,4	241	180	32,4	28,9
219	187	22,9	34,5	239	197	24,8	27,1
2617,00	2145,00	259,70	319,80	2824,00	2248,00	302,40	288,60
218,08	178,75	21,64	26,65	235,33	187,33	25,20	24,05

T60 minutos (mg/dl)				T90 minutos (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2	Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
211	179	13,9	12,4	205	168	12,6	12,1
224	173	37,3	27,8	218	164	35,2	25,3
218	179	18,3	19,4	212	166	17,1	18,2
216	181	41,3	17,6	210	174	38,4	16,1
213	176	28,5	22,3	207	169	24,3	20,3
209	182	16,8	21,5	203	175	15,6	20,6
219	176	23,2	18,3	212	169	22,7	17,8
229	167	36,4	40,1	220	160	33,1	36,4
223	160	42,1	16,3	214	153	36,4	15,8
224	172	37,3	26,5	215	165	35,6	25,3
225	167	35,2	23,5	216	160	32,1	20,9
223	184	31,3	23,4	214	177	27,6	19,4
2634,00	2096,00	361,60	269,10	2546,00	2000,00	330,70	248,20
219,50	174,67	30,13	22,43	212,17	166,67	27,56	20,68

T120min. (mg/dl)			
Glucosa 1	Glucosa 2	Insulina 1	Insulina 2
184	154	12,1	11,9
197	151	25,2	20,1
191	153	15,9	17,8
189	160	22,8	15,4
186	157	25,9	13,5
182	160	14,2	20,1
191	155	18,3	18,5
199	147	30,1	32,1
193	140	31,5	14,1
194	151	29,6	20,3
195	146	27,3	15,2
193	162	20,4	18,4
2294,00	1836,00	273,30	217,40
191,17	153,00	22,78	18,12

Promedio de los datos bioquímicos (Glucosa e Insulina) de pacientes Diabéticos.								
TIEMPO	GLUCOSA 1	DE	GLUCOSA 2	DE	INSULINA 1	DE	INSULINA 2	DE
T0 (mg/dl)	161	7,03	162	6,93	15	7,51	14	4,53
T15min. (mg/dl)	199	5,15	171	7,28	17	7,94	20	5,36
T30min. (mg/dl)	218	4,70	179	5,74	22	4,63	27	8,25
T45min. (mg/dl)	235	5,77	187	7,66	25	7,54	24	6,26
T60min. (mg/dl)	220	6,22	175	7,16	30	9,86	22	7,06
T90min. (mg/dl)	212	6,22	167	6,93	28	8,95	21	6,21
T120min. (mg/dl)	191	5,15	153	6,48	23	6,56	18	5,23

Figura 2. Efecto de la sopa a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de sujetos sanos comparados con la respuesta del alimento de referencia (Glucosa oral)

Tiempo	Alimento de referencia Glucosa oral	Alimento deshidratado Sopa	DE	DE
0	83	87	9	9
15	103	96	13	9
30	123	101	24	11
45	135	97	31	13
60	127	91	36	13
90	107	88	30	9
120	86	81	20	9

Figura 3. Efecto de la sopa a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de sujetos sanos comparados con la respuesta del alimento de referencia (Glucosa oral)

Tiempo	Alimento de referencia Glucosa oral	Alimento deshidratado Sopa	DE	DE
0	13	10	7	6
15	37	21	10	5
30	58	30	12	6
45	45	25	10	7
60	34	17	8	7
90	25	15	6	6
120	19	13	5	6

Figura 4. Efecto de la sopa a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de glucosa en sangre de pacientes diabéticos comparados con la respuesta del alimento de referencia (Glucosa oral)

Tiempo	Alimento de referencia Glucosa oral	Alimento deshidratado Sopa	DE	DE
0	161	162	15	7
15	199	171	17	7
30	218	179	22	6
45	235	187	25	8
60	220	175	30	7
90	212	167	28	7
120	191	153	23	6

Figura 5. Efecto de la sopa a base de almidón de banano y calabaza sobre los niveles de insulina en sangre de paciente diabéticos comparados con la respuesta del alimento de referencia (Glucosa oral)

Tiempo	Alimento de referencia Glucosa oral	Alimento deshidratado Sopa	DE	DE
0	15	14	8	5
15	17	20	8	5
30	22	27	5	8
45	25	24	8	6
60	30	22	10	7
90	28	21	9	6
120	23	18	7	5

Figura 6. Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia (Glucosa Oral).

Tiempo	Sujetos Sanos	Pacientes Diabéticos	DE	DE
0	83	161	9	15
15	103	199	13	17
30	123	218	24	22
45	135	235	31	25
60	127	220	36	30
90	107	212	30	28
120	86	191	20	23

Figura 7. Comparación de los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir la sopa a base de almidón de banano y calabaza.

Tiempo	Sujetos Sanos	Pacientes Diabéticos	DE	DE
0	87	162	9	7
15	96	171	9	7
30	101	179	11	6
45	97	187	13	8
60	91	175	13	7
90	88	167	9	7
120	81	153	9	6

Figura 8. Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir el alimento de referencia (Glucosa Oral).

Tiempo	Sujetos Sanos	Pacientes Diabéticos	DE	DE
0	13	15	7	8
15	37	17	10	8
30	58	22	12	5
45	45	25	10	8
60	34	30	8	10
90	25	28	6	9
120	19	23	5	7

Figura 9. Comparación de la respuesta insulínica a través del tiempo en sujetos sanos y pacientes diabéticos después de ingerir a sopa a base de almidón de banano y calabaza.

Tiempo	Sujetos Sanos	Pacientes Diabéticos	DE	DE
0	10	14	6	5
15	21	20	5	5
30	30	27	6	8
45	25	24	7	6
60	17	22	7	7
90	15	21	6	6
120	13	18	6	5

10	www.clubensayos.com Internet	78 words — < 1%
11	acta.ivic.gob.ve Internet	73 words — < 1%
12	es.studenta.com Internet	73 words — < 1%
13	zh.scribd.com Internet	65 words — < 1%
14	alexsur.com Internet	60 words — < 1%
15	docplayer.es Internet	54 words — < 1%
16	pesquisa.bvsalud.org Internet	52 words — < 1%
17	www.redicces.org.sv Internet	49 words — < 1%
18	tesis.uson.mx Internet	47 words — < 1%
19	documents.mx Internet	46 words — < 1%
20	es.m.wikipedia.org Internet	41 words — < 1%
21	idoc.pub Internet	38 words — < 1%
22	archivos.ujat.mx Internet	

37 words — < 1%

23 es.slideshare.net
Internet

34 words — < 1%

24 www.alexsur.com
Internet

34 words — < 1%

25 www.docstoc.com
Internet

28 words — < 1%

26 www.diocesisdequeretaro.org.mx
Internet

22 words — < 1%

27 www.fisica.ugto.mx
Internet

21 words — < 1%

28 eprints.uanl.mx
Internet

20 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE SOURCES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES < 16 WORDS