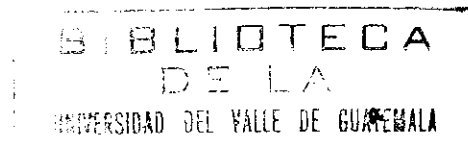


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencias
de los Alimentos

DESARROLLO DE UN PASTELITO TIPO CUBILETE
APTO PARA SER CONSUMIDO POR
PERSONAS DIABÉTICAS

EVA VANESA MONCADA RAMIREZ



Guatemala

1998

**DESARROLLO DE UN PASTELITO TIPO CUBILETE
APTO PARA SER CONSUMIDO POR
PERSONAS DIABÉTICAS**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencias
de los alimentos

DESARROLLO DE UN PASTELITO TIPO CUBILETE
APTO PARA SER CONSUMIDO POR
PERSONAS DIABÉTICAS

EVA VANESA MONCADA RAMIREZ

Trabajo de graduación presentado
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería y Ciencia de Alimentos

Guatemala

1998

Vo. Bo. :

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal:

(f) Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani

(f) Patricia de Palomo

Licda. Patricia Palacios de Palomo

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 30 de septiembre de 1998

Dedicatoria

**Dedico este trabajo a Dios,
a mis amigos que participaron en este proyecto,
a mi familia por su paciencia y colaboración,
y en especial a mi madre, quien ha sido con su
dedicación, amor y esfuerzo,
mi apoyo incondicional y mi modelo a seguir.**

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
	A. Diabetes mellitus	3
	B. Incidencia de la diabetes	4
	C. Control de la dieta en pacientes diabéticos	5
	D. Definición y clasificación de los productos de pastelería y repostería	7
	E. Ingredientes en la elaboración de productos de pastelería	9
	F. Funciones de los principales ingredientes de los productos de pastelería	10
	G. Aditivos en los productos de pastelería	12
	H. Clasificación de aditivos	12
	I. Edulcorantes	14
	J. Edulcorantes naturales	14
	K. Edulcorantes sintéticos o artificiales	17
	L. Estabilizantes: emulgentes, espesantes y gelificantes	20
	M. Conservadores	21
III.	JUSTIFICACIÓN	23
IV.	HIPÓTESIS	25
V.	OBJETIVOS	26
	A. Generales	26
	B. Específicos	26
VI.	MATERIALES Y METODOS	27
	A. Equipo	27
	B. Materiales	27
	C. Metodología	28
	D. Diseño experimental	29

VII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
VIII.	CONCLUSIONES	39
IX.	RECOMENDACIONES	40
X.	BIBLIOGRAFÍA	41
	ANEXOS	
	1. Listados de intercambios	
	2. Boleta de Evaluación Sensorial	
	3. Análisis Estadístico de Varianza para el Segundo Diseño Factorial de Dos Niveles	
	4. Selección de Número de Jueces	
	5. Análisis Estadístico t de Student para los Resultados de la Evaluación Sensorial	

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS

- 7.1 Resultados de la evaluación sensorial**
- 7.2 Formulación final**
- 7.3 Resultados del análisis proximal**
- 7.4 Resultados porcentuales del análisis de azúcares**
- 7.5 Resultados de otros análisis (calorías y vida de anaquel)**

RESUMEN

La dietoterapia, esencial en el tratamiento de las personas que padecen diabetes mellitus, especifica un control estricto de las calorías y la naturaleza de los alimentos que ingieren estos pacientes. Esto puede llevar a la persona diabética a sentirse limitada o no seguir las indicaciones del nutricionista. En el país se distribuyen artículos específicos para las dietas de los diabéticos. Sin embargo, su variedad es muy limitada y su costo elevado para la mayoría de pacientes. No se cuenta con muchas opciones que cumplan con lo recomendado por los dietistas y que permitan disminuir considerablemente las limitaciones de alimentos que puedan ser incluidos en su dieta.

El presente trabajo de investigación tiene como propósito presentar una opción alimenticia para la población diabética. El cubilete desarrollado es un producto de pastelería, común en la dieta de los guatemaltecos, que presenta las características deseables de un alimento con azúcar, sin contenerla y con un costo relativamente bajo.

La formulación tiene como producto un pastelito tipo cubilete en el cual se utiliza aspartame encapsulado como sustituto de azúcar. Para su producción se realizaron varias pruebas con distintas formulaciones de las que se obtuvo una con las características esperadas. A esta formulación se le hicieron análisis físicos, químicos y microbiológicos. Entre ellos se incluyeron los siguientes: análisis proximal, contenido de azúcar, cantidad de calorías y vida de anaquel. Su aceptación se verificó a través de un análisis sensorial con un panel no entrenado de personas diabéticas.

I. INTRODUCCIÓN

La *diabetes mellitus* es una enfermedad endémica que afecta a millones de personas en todo el mundo. Los diferentes tipos de diabetes y la gravedad de cada paciente, requieren tratamientos individualizados que van desde una dieta especial a la administración de medicamentos. La dietoterapia es un componente esencial en el tratamiento de toda persona diabética. Esta requiere de un control estricto de las calorías y naturaleza de los alimentos que se ingieren. Se busca que la dieta sea balanceada y responda a las necesidades individuales, peso y actividad de cada paciente (Rivas, 1994).

En la dieta se incluye una variedad de alimentos, sin embargo se eliminan muchos que son del agrado del paciente y prohíben básicamente aquellos que contengan azúcar. Esto ocasiona en la persona diabética el desarrollo de sentimientos de limitaciones y restricciones en cuanto a su selección de alimentos. Las consecuencias que tiene este estado anímico pueden llevar a la persona a no seguir las estrictas indicaciones del dietista.

En el mercado guatemalteco están a la venta artículos de consumo específico para diabéticos. Sin embargo la variedad de estos es muy limitada y la mayoría son importados, lo que eleva los precios y reduce la posibilidad de su obtención para la mayoría de pacientes diabéticos.

Es conveniente que a los diabéticos se les presenten diferentes opciones alimentarias que permitan disminuir las limitaciones de selección, siempre y cuando cumplan con lo recomendado por los especialistas. En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo de investigación tiene como propósito presentar una opción alimentaria para la población que se ve afectada por esta enfermedad. El cubilete desarrollado es un producto de pastelería, común en la dieta de los guatemaltecos, que presenta las características deseables de un alimento con azúcar, sin contenerla.

Luego de varias pruebas con distintas formulaciones se obtuvo como producto final un pastelito tipo cubilete con aspartame encapsulado como

sustituto de azúcar. Se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos necesarios para determinar las características del cubilete elaborado, tales como composición, contenido de azúcar, cantidad de calorías y vida de anaquel. Se verificó la aceptación del producto con un análisis sensorial por medio de un panel no entrenado formado por personas diabéticas. Con las pruebas anteriormente mencionadas, se confirmó que el producto posee las características esperadas y con alta aceptabilidad por parte de los pacientes diabéticos.

El trabajo incluye en el primer capítulo la introducción y en el segundo la revisión bibliográfica, que fundamenta la parte experimental. Los capítulos III, IV y V presentan la justificación, la hipótesis y los objetivos, respectivamente. En el capítulo VI se describen los materiales y métodos utilizados y en el VII se resumen y discuten los resultados de la investigación. En el capítulo VIII se formulan las conclusiones y se dan recomendaciones y por último la bibliografía que se consultó se enumera en el capítulo IX. Se integran al trabajo el listado de anexos, tablas y cuadros.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. LA DIABETES MELLITUS

Se conocen como diabetes dos diferentes enfermedades endocrinas que se caracterizan por la producción excesiva de orina. La diabetes *insipidus* es causada por la falta de una hormona antidiurética, lo que impide al riñón conservar agua. La diabetes *mellitus* en cambio, es un desorden que afecta el metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos (Higueros, 1996).

Por ser más común, la diabetes *mellitus* se conoce generalmente sólo como diabetes. Esta se debe a la falta de funcionamiento parcial o total de la insulina, que puede darse por un defecto en la formación, liberación o acción de ésta. El síntoma principal de la diabetes es la eliminación de glucosa en la orina (glucosuria), lo cual indica un nivel superior al normal (70 a 110 mg por 100 ml de sangre) de glucosa en la sangre (hiperglucemia) (Biermann & Toohey, 1990).

Un nivel alto de azúcar se debe a que por la falta de insulina, la glucosa no es aprovechada como fuente de energía por las células del cuerpo y se concentra en la sangre. Por lo tanto, el cuerpo comienza a degradar su propia grasa y proteínas para obtener energía. Esto puede ser un problema para la salud pues al convertir las grasas en energía se producen cuerpos cetónicos en exceso, los cuales en un momento dado son capaces de provocar una cetoacidosis. La cetoacidosis es prácticamente un envenenamiento que puede resultar fatal. Además de estos problemas, tener un nivel alto de glucosa en la sangre puede producir complicaciones a más largo plazo tales como ceguera, fallos renales y gangrena en los pies (Biermann & Toohey, 1990).

Existen dos tipos principales de diabetes: (1) dependiente de insulina y (2) no dependiente de insulina.

- **Diabetes dependiente de insulina (tipo I):** en este tipo de diabetes el cuerpo no produce insulina debido a que las células beta del páncreas (productoras de insulina) han sido destruidas y no son capaces de formar esta hormona. Aunque este tipo de diabetes generalmente se inicia en la niñez o juventud, puede presentarse a cualquier edad. Requiere de la administración de insulina para la sobrevivencia (Biermann & Toohey, 1990).
- **Diabetes no dependiente de insulina (tipo II):** ésta se caracteriza por cantidades inadecuadas de insulina para mantener el metabolismo normal de glucosa. Las personas afectadas por este tipo de diabetes sí producen insulina. Generalmente son mayores de 40 años y obesos. Es posible que con el control de la dieta se elimine la diabetes. Estos individuos tienen escasos receptores de insulina en las células, como los adipocitos, hepatocitos y células musculares. Con una reducción de peso, la concentración plasmática de insulina disminuye, el número de receptores aumenta, la sensibilidad a la insulina mejora y la intolerancia a la glucosa se reduce (Higueros, 1996).

B. INCIDENCIA DE LA DIABETES

La diabetes afecta a más de 10 millones de personas solamente en Estados Unidos, y causa aproximadamente 300,000 muertes cada año. En Guatemala se estima que el 5% de la población sufre esta enfermedad, es decir, alrededor de 500,000 personas en todo el país. Además, se sabe que la incidencia de la diabetes es mucho mayor en la ciudad capital que en el interior del país (Patronato de Pacientes Diabéticos de Guatemala) . Su prevalencia aumenta con la edad aproximadamente de 0.2% en personas menores de 17 años a 10% en personas de 65 años y mayores (American Diabetes Association, 1988).

C. CONTROL DE LA DIETA EN PACIENTES DIABÉTICOS

Un control de la dieta es esencial para el tratamiento efectivo de los pacientes diabéticos. Se debe incluir una dieta balanceada en la que se controlen las calorías que se ingieren, adecuándola a las necesidades de cada paciente. Se recomienda que 12-20% de las calorías provengan de las proteínas. Los carbohidratos que se deben incluir son los complejos (50-60% de las calorías). Se deben evitar la glucosa, la sacarosa y otros disacáridos que contengan glucosa, pues agravan la hiperglucemia y causan grandes variaciones en los niveles de glucosa sanguínea. La fructosa puede ser consumida pues es considerada un edulcorante altamente eficaz que produce únicamente leves aumentos en la concentración plasmática de glucosa, ya que se convierte a glucosa dentro de la célula. Sin embargo, se recomienda la utilización de edulcorantes artificiales tales como el aspartame, acesulfame-K, sacarina, etc. El aspartame puede ser considerado como óptimo para los diabéticos porque es un edulcorante nutritivo formado por dos aminoácidos y es 180 veces más dulce que la sacarosa (Rivas, 1994).

Después de que se han establecido los niveles de proteínas y carbohidratos adecuados para cada paciente según su tipo de diabetes, se distribuye el resto de calorías como grasas (Biermann & Toohey, 1990). Para proporcionar al paciente una mayor variedad de alimentos en su dieta, el dietista puede emplear las Listas de Intercambio. Este sistema fue ideado por la Asociación Americana de la Diabetes. En él se categorizan los alimentos en grupos que contienen la misma cantidad de energía y macronutrientes. Los alimentos clasificados en cada grupo pueden sustituirse entre sí tomando en cuenta el tamaño de porción indicado (Rivas, 1994). En el Anexo No. 1 se encuentra una Lista de Intercambio.

Los diabéticos deben establecer con la ayuda de su dietista, un plan alimentario que responda a sus necesidades y gustos. Los parámetros que se deben tomar en cuenta son:

- ❑ lo que al paciente le guste comer y beber
- ❑ a qué horas le gusta comer y beber
- ❑ cuántas calorías necesita
- ❑ sus ocupaciones diarias
- ❑ su salud
- ❑ cuánto ejercicio hace
- ❑ qué ejercicio hace
- ❑ sus costumbres familiares y culturales

Todos los planes alimentarios deben ser sanos e incluir alimentos variados: cereales, frutas, verduras, legumbres, productos lácteos, carnes y grasas. Un plan alimentario típico incluye el desayuno, almuerzo, cena y un refrigerio antes de irse a la cama, incluso puede agregar un refrigerio para media mañana y otro para media tarde. Estos refrigerios son indicados especialmente para las personas que toman tabletas para la diabetes o se aplican insulina pues ayudan a evitar bajadas fuertes en sus niveles de glucosa en sangre (American Diabetes Association, 1997).

Uno de los problemas más serios que se enfrentan con la población diabética es que estas personas no siguen la dieta que les ha asignado el doctor o dietista. Algunas veces sucede por falta de conocimientos sobre los fundamentos de la alimentación y otras por la falta de motivación del paciente a seguir el plan alimenticio (Rivas, 1994).

D. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PASTELERÍA Y REPOSTERÍA

Se considera un producto de pastelería o repostería aquel alimento preparado con harinas, féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos alimenticios y sustancias complementarias, sometidos o no a fermentación y/o cocción. Es posible distinguir dos variantes dentro de los productos de pastelería y repostería:

1. Pastelería y repostería dulce: el azúcar es un ingrediente importante por medio del cual se alcanza el sabor dulce en las piezas.
2. Pastelería y repostería salada: la sal es la que en este caso se añade para darle el sabor salado típico a las piezas (Madrid, 1994).

Dentro de la pastelería y repostería existen diferentes tipos de masas, entre las cuales se encuentran:

- Masas de hojaldre
- Masas azucaradas
- Masas escaldadas
- Masas batidas
- Masas de repostería

Masas de hojaldre

Para elaborar este tipo de masas se utiliza harina, grasa comestible, aceite y sal. Estas son trabajadas con manteca (de hojaldre) y al cocerlas en horno forman varias hojas superpuestas. Al usar estas masas se pueden hacer pasteles, cocas, bandas de crema, palmeras, milhojas, pastel de manzana, etc. (Madrid, 1994).

Masas azucaradas

Los principales ingredientes con los que se producen estas masas son harina, aceite, otras grasas y azúcares comestibles. Con las masas azucaradas se pueden elaborar pastas secas o de té, cazuelitas, tortas, mantecados, polvorones, etc. (Madrid, 1994).

Masas escaldadas

Estas masas se producen a base de harina, sal, agua, leche, grasas comestibles y alcoholes naturales. Se precocen para luego darles una posterior cocción o fritura. Con estas masas se elaboran relámpagos, lionesas, bocados de dama, cafeteros, etc. (Madrid, 1994).

Masas batidas

Las masas batidas son aquellas que después de sufrir este proceso técnico resultan en productos de gran volumen, tiernos y suaves. Estas se elaboran principalmente a base de huevos, azúcares y harinas y/o almidones. Se pueden elaborar con estas masas bizcochos, melindros, merengues, brazos gitanos, magdalenas, etc. En muchos casos se añade levadura, canela, manteca de cerdo, sal, vino de jerez, almendras, anís, leche aceite, ralladura de cáscara de limón, crema pastelera, etc. (Madrid, 1994).

Masas de repostería

Si se les agrega relleno o guarnición de otros productos (cremas, frutas, chocolate, etc.) a las masas batidas, se tienen masas de repostería. Estas se presentan con formas y tamaños diversos. Entre los productos que se elaboran a partir de estas masas se encuentran tocinos de cielo, almendrados, yemas, masas de mazapán, turrone cocadas, confitados de frutas, mermeladas, etc. (Madrid, 1994).

E. INGREDIENTES EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PASTELERÍA

Los componentes empleados en la elaboración de pasteles se pueden dividir en dos grupos:

- Ingredientes
- Aditivos

Los primeros contienen valor nutritivo, mientras que los segundos se utilizan como mejorantes o conservantes de sus cualidades y no tienen valor nutritivo.

Entre los ingredientes encontramos:

- Azúcares diversos (sacarosa, fructosa, glucosa, etc.) y miel
- Levadura
- Harinas de cereales (trigo principalmente)
- Féculas y almidones
- Leche y productos derivados (nata, mantequilla, leche en polvo, yemas en polvo, huevo congelado, etc.)
- Aceites y grasas vegetales
- Mantecas y margarinas
- Cacao, chocolate y productos derivados
- Frutas y productos derivados (zumos, concentrados, mermeladas, etc.)
- Frutos secos
- Bebidas alcohólicas
- Sal comestible
- Agua potable

F. FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES DE LOS PRODUCTOS DE PASTELERÍA

1. Gluten y almidón de harina de trigo

La proteína funcional más importante de la harina de trigo es el gluten. Éste al mojarse y ser amasado mecánicamente forma una masa elástica que puede extenderse en todos los sentidos. Si la acción mecánica es demasiada la estructura del gluten se debilita y rompe o si el calentamiento es excesivo, el gluten coagula y forma una estructura semirrígida (Potter, 1978).

El gluten de la harina se combina con el almidón. Este se gelatiniza en la presencia de agua y calentamiento, formando una gel que pone más rígida a la masa. Es por esto que tanto el gluten como el almidón forman masas con elasticidad y estructura de acuerdo a la cantidad de agua agregada y al calentamiento (Potter, 1978).

Existen varios tipos de harina los cuales imparten una estructura diferente a la mezcla o masa del pan. Es decir, las harinas suaves, que contienen menor cantidad de gluten, producen una película que se rompe más fácilmente. Mientras que las harinas duras contienen una mayor cantidad de gluten lo que permite una mayor expansión sin que se rompa la estructura. La harina dura generalmente se emplea para la elaboración del pan y la harina suave regularmente se utiliza para producir pasteles y productos similares con texturas más blandas y frágiles. Existe un tercer tipo de harina, la multipropósito o para todos los usos. Esta contiene una cantidad promedio de gluten y puede utilizarse para producir casi todos los productos de panadería (Potter, 1978).

2. Grasa

La grasa influye tanto en el sabor como en la textura del pan dulce. Durante la preparación de la masa la grasa ayuda a la aeración formando pequeñas celdas y burbujas. Estas retienen el vapor de agua y dióxido de carbono formado durante el horneado y se expanden para darle la estructura y volumen al pan (Waring, 1988). El incremento en la viscosidad de la masa, el impartir riqueza y suavidad al producto horneado y prevenir la retrogradación son también funciones de la grasa en estos productos (Hippleheuser, et.al, 1995).

3. Azúcares

Al igual que la grasa, las azúcares presentes en la masa del pan dulce afectan tanto el sabor como la estructura. Estas mejoran la textura y suavidad de la miga. Además, ayudan en la retención de la humedad y disminuyen la actividad de agua en el producto retardando su deterioro. Otra función muy importante de las azúcares es impartir el color acaramelado del producto debido a la reacción de empardeamiento o reacción de Maillard (Kulp, et.al, 1991).

4. Polvos para hornear

Estos productos son sustitutos de la levadura ya que sin la necesidad de la fermentación forman dióxido de carbono al entrar en contacto con el agua. El gas producido por esta reacción ejerce presión en el interior de la red tridimensional de las proteínas y carbohidratos del gluten, logrando la expansión y esponjamiento del pan. (Badui, 1995).

Los polvos de hornear son mezclas de varios compuestos, generalmente bicarbonato de sodio y un ácido o una sal ácida comestible. Para regular la velocidad y tiempo de producción de gases se debe escoger el tipo de ácido más conveniente. De esta forma se presentan tres tipos de polvo de hornear los de acción rápida, los de acción lenta y los de doble acción, los que contienen un

ácido que reacciona rápido y otro que reacciona lento. Esto produce un estallido durante la etapa de mezclado para facilitar la mezcla y luego otro al estar en el horno para que se de el crecimiento del pan (Potter, 1978).

5. Huevos

Estos proporcionan nutrientes, sabor y color. Además por tener un alto contenido de proteínas que se coagulan igual que el gluten, forma películas y apresa aire contribuyendo a la estructura del pan (Potter, 1978).

G. ADITIVOS EN LOS PRODUCTOS DE PASTELERÍA

Se definen como aditivos alimentarios aquellas sustancias que se añaden a los alimentos, sin propósito de cambiar su valor nutritivo, con la finalidad de modificar sus características, técnicas de elaboración, conservación y/o para mejorar su adaptación al uso a que se destinen (Madrid, 1994).

Los aditivos alimentarios se emplean principalmente por tres razones:

- Economía: para obtener productos de menor costo manteniendo sus características.
- Conservación: para evitar cambios químicos o crecimiento microbiano.
- Mejora: para obtener un producto más atractivo.

H. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

De acuerdo con su uso los aditivos se pueden clasificar en:

- Aditivos capaces de modificar las características organolépticas del alimento, entre los que se encuentran:
 - Colorantes
 - Agentes aromáticos

- Potenciadores del sabor
- Edulcorantes artificiales

- Aditivos que mejoran las características físicas y aspecto del alimento tales como:
 - Estabilizantes
 - Emulgentes
 - Sustancias espesantes
 - Sustancias gelificantes
 - Antiaglutinantes
 - Antiespumantes
 - Humectantes
 - Antiapelmazantes

- Aditivos que previenen cambios químicos y biológicos como:
 - Conservadores
 - Antioxidantes
 - Sinérgicos de antioxidantes

- Aditivos mejoradores o correctores de las propiedades del alimento entre los que están:
 - Reguladores de pH
 - Gasificantes

I. EDULCORANTES

Los edulcorantes son sustancias que se emplean para darle sabor dulce a los alimentos. Estos pueden ser:

- naturales
- artificiales o sintéticos

Los edulcorantes naturales poseen valor nutritivo y energético por lo que no se consideran aditivos sino más bien ingredientes del propio alimento. Los edulcorantes artificiales por lo general poseen un poder edulcorante muy superior al de cualquiera de los azúcares naturales y no tienen valor nutritivo. A continuación se presentan los principales edulcorantes naturales y artificiales.

J. EDULCORANTES NATURALES

1. Mono y Oligosacáridos

- Glucosa: Este monosacárido, conocido también como dextrosa por ser dextrorrotatorio, es el más abundante. Se encuentra en frutas y hortalizas en los que su concentración depende básicamente del grado de madurez del producto. La glucosa es también la forma principal en la que se convierten los azúcares y almidones en el cuerpo humano, por lo que es el azúcar encontrada en el flujo sanguíneo. Comercialmente se obtiene de la hidrólisis controlada del almidón y se utiliza en la fabricación de muchos productos alimenticios (Badui, 1995).
- Fructosa: Entre los azúcares naturales la fructosa es la más dulce (hasta 1.5 veces más dulce que la sacarosa). Este monosacárido se encuentra principalmente en jugos de frutas y mieles. Se le conoce también como levulosa debido a que es una molécula levorrotatoria (Institute of Food Technologists, 1986).

- Sacarosa: Esta es el azúcar común que se utiliza en la casa y en la industria. Es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa. Es el azúcar más abundante en el reino animal y se encuentra en forma natural en la mayoría de las frutas, raíces y granos en concentraciones que varían con la madurez del producto. Se obtiene comercialmente concentrando el jugo de la caña de azúcar y de la remolacha.
- Azúcar Invertida: Esta es una mezcla de azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa) que se produce al hidrolizar química o enzimáticamente la sacarosa. Esta presenta una mayor dulzura que la sacarosa sin hidrolizar. Industrialmente se han desarrollado jarabes de sacarosa con distintos grados de hidrólisis (Badui, 1995).
- Lactosa: Este disacárido está formado por una molécula de glucosa y una de galactosa. Se encuentra exclusivamente en la leche de los mamíferos. Este es el disacárido, entre los más importante en alimentos, menos soluble y dulce. Por su poder adsorbente, la lactosa se utiliza en la industria para retener compuestos aromatizantes, colorantes y saborizantes, y también se emplea en la industria panificadora pues interacciona fácilmente con las proteínas sufriendo la reacción de Maillard. Existen algunas personas que por falta de la enzima lactasa no toleran la lactosa (Badui, 1995).
- Maltosa: La maltosa o azúcar de malta es un disacárido formado por la unión de dos moléculas de glucosa. Este azúcar no es tan dulce como la glucosa, pero sí posee una dulzura aceptable. Se encuentra en la cebada y los hidrolizados de maíz y almidones, los que se pueden obtener de la fermentación de maíz o almidones por enzimas o levaduras. También se produce durante la elaboración del pan como resultado de la degradación del almidón por enzimas presentes en la harina. Su principal uso es en el acentuamiento del sabor y en el color en la cerveza, también es útil en la panadería pues al igual que la lactosa sufre la reacción de Maillard (Institute of Food Technologists, 1986).

- Miel: Esta es un jarabe natural elaborado del néctar de algunas plantas por las abejas y que contiene principalmente fructosa y glucosa. Puede variar su composición de acuerdo con el tipo de planta del cual fue obtenido el néctar, la cantidad de procesamiento y el tiempo de almacenaje (Institute of Food Technologists, 1986).
- Miel de Maple: Esta es un jarabe obtenido de la savia de los maples maduros (*Acer saccharum*). Se compone casi completamente de sacarosa y se utiliza no sólo por su dulzura sino por su sabor (Institute of Food Technologists, 1986).

2. Azúcares-Alcoholes o Polioles

Los polioles se producen por la reducción de los grupos aldehído o cetona de los azúcares al correspondiente hidroxilo. Estos se encuentran naturalmente en algunas frutas como peras, manzanas, duraznos, etc. Comercialmente se pueden elaborar por la reducción catalítica en presencia de níquel del monosacárido correspondiente. Se utilizan no solamente por su dulzura, sino también porque son capaces de impartir cierta textura y volumen a los productos alimenticios en los que se emplean. Los que se utilizan principalmente en la industria alimenticia son el sorbitol, el manitol y el xilitol (Badui, 1995).

- Sorbitol: Este es el poliol más utilizado. Posee un poder edulcorante de 0.5-0.7 veces el de la sacarosa. Aunque tiene el mismo valor calórico que otros hidratos de carbono, se absorbe más lentamente en el tracto digestivo por lo que se puede utilizar en alimentos para dietas especiales tales como las de las personas diabéticas. Sin embargo, si se consume en grandes cantidades (25 a 50 gramos por día) puede producir un efecto laxante. Otra ventaja del sorbitol es que no es cariogénico, es decir, que no produce caries (Badui, 1995).

- **Manitol:** Este es aproximadamente 0.7 veces tan dulce como la sacarosa. Por ser no higroscópico se emplea en alimentos en polvo. También posee la ventaja de no ser cariogénico (Badui, 1995).
- **Xilitol:** Este poliol tiene una dulzura aproximadamente igual a la de la sacarosa. Es un producto intermedio normal del metabolismo de los carbohidratos en el hombre y los animales y también es no cariogénico (Institute of Food Technologists, 1986).

K. EDULCORANTES SINTÉTICOS O ARTIFICIALES

1. Sacarina

La sacarina es un compuesto orgánico de petróleo que fue descubierto en 1878. Por muchos años fue el único edulcorante alternativo disponible. Su dulzura oscila entre 200 y 700 veces la del azúcar. Se presenta como cristales blancos o polvo cristalina. En el mercado está disponible como sacarina ácida, sacarina de sodio y sacarina de calcio (Giese, 1993).

Aunque el consumo de sacarina fue objeto de controversia durante algún tiempo, varios estudios han revelado que puede causar cáncer en animales de laboratorio solamente en megadosis. Por esto varias entidades alrededor del mundo lo han declarado seguro y su uso ha sido aprobado en más de 90 países. Actualmente en Guatemala está permitido el empleo de la sacarina como edulcorante no nutritivo solamente en alimentos dietéticos y especiales. A continuación se presentan los usos aprobados por COGUANOR (1997):

- a) Refrescos dietéticos, jugos de fruta dietéticos y bases o mezclas para los mismos, en cantidad tal que el aditivo no exceda de 40 mg/ 100 ml del producto listo para servir, expresado como sacarina.

- b) Sustitutos del azúcar de mesa o azúcar para cocinar, en cantidad tal que la equivalencia de poder edulcorante de una cucharadita llena de azúcar, no sea mayor de 20 mg del aditivo expresado como sacarina.
- c) Alimentos: dietéticos procesados, en cantidad no mayor de 30 mg por unidad de consumo, expresado como sacarina.

2. Ciclamatos

Los ciclamatos fueron descubiertos en 1937. Estos son 30 veces más dulces que la sacarosa, saben casi igual que el azúcar y son termoestables. En el mercado se encuentran como ácido ciclámico, ciclamato de calcio y ciclamato de sodio. Debido a los resultados de algunos estudios que los identifican como posibles agentes cancerígenos, los ciclamatos no están aprobados en varios países incluyendo Estados Unidos y Guatemala. Sin embargo, como estudios subsecuentes no han sido conclusivos, su uso sí está permitido en más de 40 países (Giese, 1993).

3. Acesulfame-K

El acesulfame fue descubierto por accidente en 1967. Su sal de potasio se conoce como Acesulfame-K y se vende con el nombre comercial de "Sunette". Esta sustancia es aproximadamente 200 veces más dulce que una solución al 3% de sacarosa. Una de sus ventajas es que su dulzura no decrece con el aumento de la temperatura como otros edulcorantes alternativos. Además, es estable en condiciones ácidas y alcalinas, no es calórico, no es cariogénico y no requiere una información o advertencia de salud en la etiqueta. Sin embargo, presenta sabores amargos y metálicos a altas concentraciones (Giese, 1993).

El Acesulfame-K es muy útil en mezclas de edulcorantes ya que presenta un efecto sinérgico. Este se ha observado especialmente cuando se combina con aspartame y ciclamatos de sodio. Actualmente el uso del Acesulfame-K es

como edulcorante de mesa y en goma de mascar y mezclas en polvo para bebidas (Giese, 1993).

Recientemente fue aprobado por COGUANOR (1997) el uso de Acesulfame-K en los productos siguientes:

- a) Sustitutos del azúcar que fluyan libremente, secos y empacados en unidades que tengan un equivalente de dulzura que no exceda al de dos cucharaditas llenas de azúcar.
- b) Sustitutos de azúcar, en tabletas.
- c) Goma de mascar.
- d) Bases secas para bebidas, café instantáneo y té instantáneo.
- e) Bases secas para pudines, postres y gelatinas.
- f) Bases secas para productos lácteos y similares.
- g) Confitería, confites duros y suaves.
- h) Productos dietéticos

4. Aspartame

El aspartame es el éster metílico del dipéptido L-aspartil-L-fenilalanina. Éste fue descubierto en 1965 por accidente, tal como los otros edulcorantes alternativos importantes. El poder edulcorante de este compuesto oscila entre 180 y 220 (sacarosa=1) (The NutraSweet Company, 1996).

Al ser digerido el aspartame se descompone en sus componentes básicos que son el metanol, fenilalanina y ácido aspártico, todos presentes naturalmente en las fuentes comunes de alimento. Por lo tanto, y apoyado por estudios que lo corroboran, se considera al aspartame como seguro. Sin embargo, las personas nacidas con la enfermedad conocida como fenilcetonuria (ausencia de la enzima fenilalanina 4-monooxigenasa, involucrada en el metabolismo de la fenilalanina) deben controlar el consumo de fenilalanina. Es por esto que en muchos países, incluyendo Guatemala, se exige que en los productos que contienen aspartame

se haga un aviso que diga: "Fenilcetonúricos: contiene fenilalanina" (Giese, 1993).

Una de las grandes ventajas del aspartame es que no es cariogénico, es decir, que no promueve la aparición de caries en los dientes ni la formación de sarro. Además, aunque al metabolizarse produce 4 kcal/gramo, las cantidades que se emplean son tan pequeñas que resulta ser prácticamente un edulcorante no calórico (The NutraSweet Company, 1996).

Las principales desventajas del aspartame son su inestabilidad en condiciones ácidas y la pérdida de dulzura durante un calentamiento prolongado como el horneado. Sin embargo, con el desarrollo del aspartame encapsulado se logran controlar estos problemas. Este es el aspartame recubierto por una capa de aceite vegetal parcialmente hidrogenado (Giese, 1993).

L. ESTABILIZANTES: EMULGENTES, ESPESANTES Y GELIFICANTES

Estos son sustancias que se agregan al alimento para inhibir reacciones y mantener el equilibrio químico de los mismos. De esta forma se evita un cambio en la forma o naturaleza química del producto (Madrid, 1994).

Los emulgentes o emulsificantes son aditivos que reducen la tensión superficial entre dos fases inmiscibles, con lo que logran estabilizar la mezcla de éstas. Los espesantes por su parte, se emplean para aumentar la viscosidad del alimento. Los gelificantes son sustancias que provocan la formación de un gel en el alimento al que se le añaden. Muchos de los aditivos tienen funciones múltiples (espesantes y gelificantes, etc.) por lo que se les agrupa a todos como estabilizantes (Madrid, 1994). A continuación se presenta una lista de algunos de los emulsionantes, espesantes y gelificantes permitidos por COGUANOR (997), y que se puede emplear en pastelería:

- Ácido algínico, alginato sódico, alginato potásico, alginato amónico, alginato cálcico, alginato de propilenglicol
- Lecitina

- Agar-agar
- Carragenos, carrageninas, carragenatos
- Furcellerano
- Goma guar
- Goma arábica (arábica)
- Goma Xantana
- Sorbitol
- Xilitol
- Manitol
- Glicerol
- Pectinas
- Polifosfatos de sodio y potasio
- Metilcelulosa
- Etilcelulosa
- Metil-etil-celulosa
- Carboxi-metil-celulosa
- Sales de sodio, potasio y calcio de ácidos grasos alimenticios
- Mono y diglicéridos de ácidos grasos alimenticios

M. CONSERVADORES

Estos son aditivos que se añaden con la finalidad de proteger a los alimentos de ataques microbianos de mohos, levaduras y bacterias, los que podrían causar cambios como fermentación, enmohecimiento y putrefacción. No cualquiera de los conservadores es adecuado para todos los alimentos, su efectividad depende de varios factores:

- (a) especificidad de acción, es decir tipo de microorganismo que controla.
- (b) características del alimento como pH, actividad de agua, disponibilidad de nutrientes, etc.
- (c) nivel inicial de contaminación.
- (d) manipulación del producto terminado (Badui, 1995).

Algunos de los conservadores autorizados para su uso en alimentos son los siguientes:

- Ácido sórbico
- Sorbato potásico, sódico y cálcico
- Ácido Benzoico
- Benzoato potásico, sódico y cálcico
- Anhídrido sulfuroso
- Sulfito sódico y cálcico
- Nitrito potásico y sódico
- Nitrato potásico y sódico
- Ácido acético
- Acetato potásico y cálcico
- Ácido propiónico
- Propionato potásico, sódico y cálcico

III. JUSTIFICACIÓN

Según el tipo de diabetes se puede administrar al paciente algún tipo de insulina, pero lo que es vital en el tratamiento de estas personas es la dietoterapia. Se debe llevar un control estricto de las calorías y naturaleza de los alimentos que se ingieren. El dietista debe adecuar una dieta balanceada a las necesidades individuales, peso y actividad de cada paciente. Los carbohidratos que se recomiendan son los complejos, evitando la glucosa y los disacáridos que la contengan, como la sacarosa. El control de la dieta es esencial para evitar grandes fluctuaciones en el nivel de glucosa en la sangre y para mantener a la persona saludable para reducir o controlar otras afecciones que puede causar la diabetes (Rivas, 1994).

La diabetes afecta a más de 10 millones de personas solamente en Estados Unidos, y causa aproximadamente 300,000 muertes cada año. En Guatemala se estima que el 5% de la población sufre esta enfermedad, es decir, alrededor de 500,000 personas en todo el país. Además, se sabe que la incidencia de la diabetes es mucho mayor en la ciudad capital que en el interior del país (Patronato de Pacientes Diabéticos de Guatemala, 1997). Su prevalencia aumenta con la edad de aproximadamente 0.2% en personas menores de 17 años a aproximadamente 10% en personas de 65 años y mayores (American Diabetes Association, 1988).

Aunque se trate de sugerir al paciente una variedad de alimentos, es indudable que éste tendrá que eliminar de su dieta muchos que son de su agrado y dejar atrás cualquier producto alimenticio que contenga azúcar. Esto puede llevar a la persona diabética a sentirse limitada y lo que es peor, a no seguir las estrictas indicaciones del dietista. En Guatemala se pueden adquirir productos "lite" o para diabéticos, que no contienen azúcar. Sin embargo, la variedad de estos es muy limitada y la mayoría son importados, lo que eleva los precios y reduce la posibilidad de su consumo por la mayoría de pacientes diabéticos.

Si tomamos en cuenta las estadísticas antes mencionadas que muestran la gran cantidad de personas afectadas por esta enfermedad se evidencia la necesidad de desarrollar productos alimenticios que den respuesta a las necesidades de este grupo, es decir, que presenten las características deseables de un alimento con azúcar, pero que no la contengan. Además, no existe actualmente en el mercado ningún producto de pastelería, común en la dieta de los guatemaltecos, dirigido hacia este sector de la población.

IV. HIPÓTESIS

Se puede desarrollar un pastelito tipo cubilete utilizando aspartame como sustituto total del azúcar, de tal forma que éste pueda ser consumido por personas que sufren de *diabetes mellitus* y que mantenga unas características físicas y organolépticas muy similares a las esperadas en un cubilete con la cantidad de azúcar normal.

V. OBJETIVOS

A. OBJETIVOS GENERALES

1. Obtener un pastelito tipo cubilete que sea apto para ser consumido por personas que sufren de *diabetes mellitus*.
2. Desarrollar un pastelito tipo cubilete con sustitutos de azúcar que presente características físicas y organolépticas similares a las de un pastel con azúcar.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Encontrar la formulación adecuada por medio de la cual se logre sustituir completamente el azúcar de la receta original del pastelito.
2. Realizar las pruebas físicas, químicas y microbiológicas necesarias para determinar las características del cubilete elaborado.
3. Llevar a cabo un análisis sensorial del producto por medio de un panel no entrenado formado por personas diabéticas para determinar la aceptabilidad del producto.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. EQUIPO

Balanza con precisión de 0.005 g

Batidora Eléctrica

Moldes metálicos para cubiletes

Horno

Rejillas

Moldes de papel para cubilete

Bolsas de celofán de 4 onzas

B. MATERIALES

Harina

Margarina

Jugo de naranja natural

Huevo

Polvo de hornear de doble acción

Sal

Puré de manzana sin endulzar

Aspartame 20 (encapsulado)

Goma guar

Emulsificante Myvatex 40-06S (Monoéster de Propilenglicol, Monoglicéridos destilados y Ácido Estearoilo Láctico)

C. METODOLOGÍA

◆ **Elaboración del cubilete:**

1. El horno se precalentó a 300°F.
2. Se mezclaron todos los ingredientes secos (harina, polvo de hornear, sal, aspartame y goma o emulsificante).
3. La margarina se batió por 1 minuto a velocidad media.
4. Se agregó el jugo de naranja , el huevo y el puré de manzana (cuando se añadió) a la margarina.
5. Los ingredientes secos se añadieron mezclando sólo hasta que toda la harina estuviese húmeda.
6. La mezcla se vertió en los moldes de papel colocados en los moldes de lata.
7. Se horneó por 25 minutos a 300°F.
8. Los cubiletes se dejaron enfriar sobre las rejillas.
9. Se empacaron los cubiletes en bolsas individuales.

◆ **Evaluaciones Posteriores:**

10. Por medio de un diseño factorial se obtuvieron dieciséis formulaciones distintas. A cada una se le evaluaron seis características: facilidad para remover el molde de papel, uniformidad de burbuja de aire en la miga (midiendo los diámetros de las burbujas en cada muestra), suavidad, soltura

de miga, sabor y apariencia general (incluyendo la medición del crecimiento). Con estos datos se seleccionaron las dos formulaciones con mejores características. Con éstas se realizaron evaluaciones sensoriales, y se eligió la mejor formulación para analizarla y determinar sus características.

11. El análisis proximal se realizó con los siguientes métodos: humedad con el método AOAC 14.125 (sólidos en productos horneados con fruta), grasa con el método AOAC 14.119 (grasa en productos horneados), proteínas con el método AOAC 14.118 (proteína en productos horneados), cenizas con el método AOAC 14.117 (cenizas en productos horneados) y fibra con el método AOAC 14.121 (fibra cruda en productos horneados).
12. La determinación de azúcares se hizo por medio de cromatografía líquida (HPLC) en el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM), y las calorías empleando la bomba calorimétrica disponible en la Universidad del Valle de Guatemala.
13. Para la vida de anaquel se colocaron los cubiletes en un lugar lo más similar posible a las condiciones de almacenamiento y se observaron cada día los cambios en textura, sabor y aparición de mohos.

D. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para encontrar la formulación más adecuada se inició con un diseño factorial de dos niveles para las siguientes variables:

- aspartame 2.0 g / 2.5 g
- goma 0.0 % / 0.1 %
- margarina 46.0 g / 92.0 g
- puré de manzana 0.0 g / 45.0 g

(pesos en base a 189 g de harina, porcentajes a peso de masa total)

Como no se consiguieron las características deseadas en el cubilete con estos niveles, se procedió a experimentar con cada una de las variables, hasta que se obtuvieron nuevos niveles. Estos se utilizaron para realizar el siguiente diseño factorial de dos niveles:

- aspartame 6.0 g / 7.5 g
- emulsificante 0.0 % / 2.5 %
- margarina 65.0 g / 80.0 g
- puré de manzana 0.0 g / 25.0 g

(pesos en base a 189 g de harina, porcentajes a peso de masa total)

A cada uno de los dieciséis cubiletes resultantes se le evaluaron seis características: facilidad para remover el molde de papel, uniformidad de burbuja de aire en la miga (midiendo los diámetros de las burbujas en cada muestra), suavidad, soltura de miga, sabor y apariencia general (incluyendo la medición del crecimiento). Se empleó una escala de 1 a 5, siendo el uno la peor calificación y cinco la mejor. Luego los resultados se analizaron estadísticamente con la prueba de análisis de varianza para determinar si había diferencia significativa entre las características de los cubiletes. Las dos mejores formulaciones resultantes fueron evaluadas sensorialmente por un panel no entrenado de 50 personas diabéticas de varias edades y de ambos sexos, utilizando dos escalas hedónicas de cinco puntos, independientes. En el Anexo No. 2 se encuentra una muestra de la boleta de evaluación empleada.

Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron utilizando la prueba t de student para una media y para muestras relacionadas, y luego se seleccionó una de las formulaciones. Por último, la formulación escogida fue analizada con los métodos mencionados en la metodología, para describir sus características químicas y de vida de anaquel.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se menciona en la sección de Diseño Experimental en el capítulo VI, se inició el trabajo con un diseño factorial de dos niveles con cuatro variables. De los cubiletes que se obtuvieron de esta prueba, ninguno presentaba las características esperadas. El sabor no era bueno, la uniformidad de burbuja de aire y la soltura de la miga eran muy pobres y la apariencia en general no era aceptable.

Por esta situación, por medio de prueba y error, se procedió a experimentar con las variables que se habían elegido y otras que luego permanecieron constantes. La cantidad empleada de aspartame se incrementó considerablemente para alcanzar la dulzura esperada. La goma guar se sustituyó por el emulsificante Myvatex 40-06S pues la goma impartía al pastelito poca uniformidad de burbuja, soltura de miga y suavidad, mientras que el emulsificante mejoraba estas características. Los niveles del emulsificante fueron establecidos en base a las recomendaciones del fabricante que indicaban de un 2 a 3 % de la masa total. En la grasa se redujo un 13 % el nivel máximo para obtener menor grasosidad en el producto final. El puré de manzana, al igual que la goma guar, daba al cubilete poca uniformidad de burbuja de aire en la miga, y pobre soltura de la miga y suavidad.

Las condiciones que también se modificaron, pero en el segundo diseño factorial permanecieron constantes, fueron la cantidad de jugo de naranja en la formulación, la temperatura de horneado y el tiempo de horneado. El jugo de naranja se aumentó para lograr un mejor color y sabor y mayor humedad en el cubilete. En el horneado tanto la temperatura como el tiempo fueron variando desde 20 minutos a 250°F hasta llegar a 25 minutos a 300°F. Estas condiciones se ajustaron para obtener un mejor cocimiento y crecimiento de los pastelitos, y al mismo tiempo un mejor color dorado, sin llegar a secar demasiado el producto ni quemarlo.

En el segundo diseño factorial se emplearon las variables y niveles mencionados en la sección de Diseño Experimental capítulo VI. A los dieciséis cubiletes resultantes se les evaluaron seis características diferentes: facilidad para remover el molde de papel, uniformidad de burbuja de aire en la miga (midiendo los diámetros de las burbujas en cada muestra), suavidad, soltura de miga, sabor y apariencia general (incluyendo la medición del crecimiento).

Las calificaciones se asignaron de acuerdo con una escala de uno a cinco, donde uno era el peor puntaje y cinco el mejor. Los resultados fueron tabulados y analizados con la prueba estadística de análisis de varianza, pues este análisis era el indicado para determinar si existía diferencia significativa entre el punteo de cada una de las formulaciones. En resumen los resultados de este análisis estadístico fueron:

A un nivel de significancia de 0.01,

la muestra C

(7.5 g de aspartame, 2.5% de emulsificante, 80.0 g de margarina, 0.0 g puré de manzana)

y la muestra D

(7.5 g de aspartame, 0.0% de emulsificante, 80.0 g de margarina, 0.0 g puré de manzana)

presentan diferencia significativa sobre el resto de muestras, pero no entre si.

Es decir, que C y D tienen mejores punteos que el resto de formulaciones, pero entre sí, una no es mejor que la otra en las características evaluadas. En el Anexo No. 3 se pueden encontrar los resultados completos del análisis estadístico.



El puré de manzana se incluyó entre las variables de los diseños factoriales como un posible sustituto de margarina, por su alto contenido de

pectina, de tal forma que se pudiera reducir hasta un 50 % de grasa. Sin embargo, de acuerdo con lo observado y con los resultados de los punteos de las formulaciones con puré de manzana, éstas no presentaban las características deseadas en el cubilete. La uniformidad de la burbuja de aire en la miga, la suavidad y la soltura de la miga no eran las esperadas. Adicionalmente el crecimiento no era bueno por la falta de uniformidad de burbuja, lo que repercutió en la apariencia general.

Con las dos formulaciones obtenidas por el análisis estadístico de varianza, se procedió a realizar la evaluación sensorial. Esta se llevó a cabo con un panel de 50 personas que sufren de alguno de los dos tipos de diabetes. Era importante que las personas que evaluaran este producto fueran diabéticas pues hacia ellas está dirigido específicamente. El número de panelistas se escogió con base en un cuadro presentado por Pedrero y Pangborn, 1989 (Anexo No. 4) donde se contempla que para el tipo de prueba que se realizó, el número de jueces debe ser de 40 a 60. Los panelistas estaban comprendidos entre los 30 y los 70 años de edad y eran de ambos sexos para tener una muestra lo más representativa posible de la población. La mayoría fueron entrevistados en el Patronato de Pacientes Diabéticos de Guatemala, donde llegan alrededor de 50 a 70 personas diariamente a sus controles normales.

La boleta que se empleó en la evaluación sensorial de ambas muestras se presenta en el Anexo No. 2. En ésta se utilizaron dos escalas hedónicas de cinco puntos, independientes entre sí. Se escogió este tipo de escala por ser sencilla y fácil de comprender para personas que no están familiarizadas con este tipo de análisis, como lo eran la mayoría de los entrevistados. Como identificación de las muestras se utilizaron un triángulo para la formulación con emulsificante y un círculo para la que no contenía emulsificante. Los resultados de la evaluación se presentan a continuación:

Tabla 7.1
Resultados de la Evaluación Sensorial

	Formulación con Emulsificante 	Formulación sin Emulsificante 
Porcentaje a los que "les gustó"	24.0 %	28.0 %
Porcentaje a los que "les gustó mucho"	76.0 %	72.0 %
Resultado de análisis de t-student ($\alpha=0.01$)	Los resultados están por encima de "gusta"	Los resultados están por encima de "gusta"

Se determinó que no existe diferencia significativa, con un nivel de significancia de 0.01, entre los resultados obtenidos por cada una de las formulaciones.

Los datos y resultados del análisis estadístico realizado se muestran en el Anexo No. 5.

En los resultados anteriores se observa que fue mayor al doble el número de encuestados que marcaron la opción de gusta mucho, para las dos formulaciones. Esto indica que sí tuvieron una buena aceptación entre los pacientes diabéticos.

Al no encontrar una diferencia significativa entre las dos formulaciones se procedió a tomar otros parámetros para la elección de la formulación final. Se eliminó la formulación con emulsificante pues se estaba añadiendo mayor cantidad de químicos sin obtener beneficios identificables por los diabéticos y además el utilizar el emulsificante elevaba el costo del cubilete. La formulación final es la siguiente:

Tabla 7.2
Formulación Final

INGREDIENTE	FORMULACIÓN DESARROLLADA	FORMULACIÓN CONTROL
Harina	44.13 %	26.7 %
Margarina	18.68 %	16.3 %
Azúcar	-----	33.9 %
Aspartame	1.75 %	----
Huevo	24.75 %	19.0 %
Jugo de Naranja	8.54 %	3.1 %
Polvo de Hornear	1.98 %	0.8 %
Sal	0.23 %	0.2 %

Los resultados del Análisis Proximal que se les hizo a las muestras de la formulación final son los siguientes:

Tabla 7.3
Resultados del Análisis Proximal

COMPONENTE	FORMULACIÓN DESARROLLADA	FORMULACIÓN CONTROL*
Humedad	35.8 ± 0.1 %	31.5 %
Proteína	8.1 ± 0.5 %	6.90 %
Grasa	19.4 ± 0.3 %	18.2 %
Ceniza	4.1 ± 0.5 %	0.80 %
Fibra	No detectable	1.10 %
Carbohidratos	32.6 %	41.5 %

- Calculado de acuerdo con la composición de cada ingrediente, usando las tablas nutricionales INCAP, 1996.

El porcentaje de cada uno de los componentes es el esperado debido al tipo de producto, sin embargo, es probable una variación debido a las características de los métodos empleados. En el caso de la fibra, ésta no pudo ser detectada debido al contenido bajo de este componente. El teórico se calcula alrededor de 1.7%.

Como se puede observar el porcentaje de grasa es de 19.45 %. Este se trató de reducir, sustituyendo parcialmente (50 %) la margarina con puré de manzana o eliminando un 50 % de la margarina. Sin embargo, las características que presentaban los cubiletes con estas formulaciones no eran aceptables. Se logró reducir la cantidad de margarina, como ya se mencionó con anterioridad, en un 13 %, sin afectar significativamente las propiedades del cubilete.

El análisis de azúcares se realizó en el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM), porque en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala no se tenía equipo y algunos reactivos necesarios. La determinación se hizo por medio de Cromatografía Líquida (HPLC) y los valores fueron los siguientes:

Tabla 7.4

Resultados Porcentuales del Análisis de Azúcares

AZÚCAR	FORMULACIÓN DESARROLLADA	FORMULACIÓN CONTROL*
Glucosa	0.4 %	
Fructosa	0.5 %	2.8 %
Sacarosa	2.6 %	20.0 %

* Calculado de acuerdo con la composición de cada ingrediente, usando las tablas nutricionales Wissenschaftliche. 1989

Estos niveles de azúcar están bajos y por ende aceptables para este tipo de producto. La cantidad de azúcares reductoras en un pastelito similar , pero con la cantidad de azúcar normal (ver anexo No. 6), es de aproximadamente 2.8 % y la cantidad de sacarosa es de 20 %. Si se compara con una manzana, por ejemplo, esta tiene un porcentaje de glucosa de 2.21 %, de fructosa de 6.04 % y de sacarosa de 2.47 %. Mientras que un banano contiene aproximadamente 3.89 % de glucosa, 3.71 % de fructosa y 10.38 % de sacarosa. (Wissenschaftliche, 1989) Siendo estas frutas recomendadas para el consumo por personas diabéticas.

El cubilete desarrollado tiene un peso aproximado de 50.0 gramos y por las cantidades de azúcar, carbohidratos y grasa podría ser considerado de acuerdo con las Listas de Intercambio (Anexo No. 1) una porción de pan, omitiendo un intercambio de grasa.

También se analizaron las calorías por gramo y la vida de anaquel de la formulación final.

Tabla 7.5
Resultados de Otros Análisis

ANÁLISIS	FORMULACIÓN DESARROLLADA	FORMULACIÓN CONTROL
Calorías	3.40 ± 0.06 kcal/g	3.89 kcal/g
Vida de Anaquel	5 días	7.0 días

Respecto de la cantidad de calorías, ésta se puede comparar con un valor teórico de un pastel similar pero con la cantidad de azúcar normal el cual se obtuvo de las tablas nutricionales INCAP, 1996. Este valor es de 3.89 kcal/g. Es decir, que el pastel con azúcar posee 14.4 % más calorías que el pastel desarrollado. De esto se puede concluir que el cubilete sí presenta menores calorías que un producto con la cantidad de azúcar normal.

Para la determinación de vida de anaquel, se evaluaron cada día, desde su elaboración, las características de sabor, consistencia y crecimiento de hongos en los cubiletes. En el tercero y cuarto día se sintieron variaciones leves en la consistencia por pérdida de humedad y para el quinto día se presentó el crecimiento de mohos. Para retardar la aparición de hongos, es posible utilizar un preservante antifúngico. Se decidió no utilizarlo en este caso, pues las características de textura ya estaban cambiando por una leve resequead. Además, al igual que con el emulsificante se trató de eliminar al máximo el uso de agentes químicos por la salud del paciente diabético y por el costo del producto.

De los materiales empleados para elaborar la formulación final se calculó el costo por cubilete. Este fue de Q 0.99 por cubilete e incluye los ingredientes, aditivos y material de empaque.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló la formulación para un pastelito tipo cubilete apto para ser consumido por personas que sufren de *diabetes mellitus*, usando aspartame encapsulado como sustituto de azúcar. Las características físicas y organolépticas obtenidas son muy similares a las esperadas en un cubilete con la cantidad de azúcar normal.
2. Los porcentajes de composición del cubilete son los apropiados para una dieta de una persona diabética.
3. El producto final demostró tener un grado alto de aceptabilidad dentro del panel de personas diabéticas que lo evaluaron sensorialmente.
4. Se consiguió un producto de pastelería común en la dieta guatemalteca, dirigido hacia los pacientes diabéticos específicamente. Esto aumenta las opciones de selección de alimentos en la dieta de estas personas.
5. El cubilete desarrollado tiene un peso aproximado de 50.0 gramos y por las cantidades de azúcar, carbohidratos y grasa podría ser considerado, de acuerdo con las Listas de Intercambio, una porción de pan, omitiendo un intercambio de grasa.
6. El costo de materiales calculado fue de Q 0.99 por cubilete e incluye los ingredientes, aditivos y material de empaque.

IX. RECOMENDACIONES

1. Debido a que no es un producto libre de grasa, el pastelito desarrollado no se recomienda para el consumo de personas que tienen una dieta sin grasa.
2. Si se deseara aumentar la vida de anaquel del cubilete es posible utilizar un preservante antifúngico, pero se debe tomar en cuenta la toxicidad que pueda tener en este tipo de pacientes y el incremento en el costo del producto. Además, debe considerarse un mejor empaque para conservar la humedad en el pastelito por más tiempo.
3. Para conocer la elevación de glucosa en sangre real de la persona diabética que consume el producto desarrollado, se podría realizar un estudio adicional analizando los niveles de este azúcar luego de ser ingerido el cubilete.
4. Otro estudio posterior que se podría realizar es la evaluación de la sustitución de parte de la harina de trigo por harina de alguna leguminosa. Esto porque en estudios anteriores se recomiendan las leguminosas como posible control de los niveles de glucosa en sangre.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. American Diabetes Association. 1997. Diabetes de la A a la Z, todo lo que usted debe saber. Editorial Norma. Bogotá. 249pp.
2. American Diabetes Association. 1988. Diabetes A to Z. McGraw-Hill. Estados Unidos. 276pp.
3. Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis. 14^a ed. Arlington, Virginia. 1141pp.
4. Badui, S. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra Mexicana. 3a Ed. 1996. México. 648pp.
5. Biermann & Toohey. 1990. The Complete Diabetics Book. McGraw-Hill. Estados Unidos. 254pp.
6. COGUANOR, Código de norma: NGO 34 192. 1997.
7. Giese, J. 1993. Alternative Sweeteners and Bulking Agents. Food Technology. Estados Unidos, 47(1): 114-125.
8. Higueros, C. 1996. Desarrollo de una Tableta de Chocolate de Leche, con Calorías Reducidas, para Ser Consumida por Personas Diabéticas. Tesis (Licenciado en Ingeniería y Ciencia de Alimentos) - Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades. Guatemala.
9. Hippleheuser, A, et.al. 1995. A System Approach to Formulating a Low-Fat Muffin. Food Technology. Estados Unidos, 49(3): 92-96.

10. Institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition. 1986. Sweeteners: Nutritive and Non-Nutritive. Food Technology. Estados Unidos, 41(8):195-205.
11. Kulp, K, et.al. 1991. Functionality of Carbohydrate Ingredients in Bakery Products. Food Technology. Estados Unidos, 45(3): 136-142.
12. Madrid, A., et.al. 1994. Manual de Pastelería y Confeitería. AMV Ediciones, Mundi-Prensa. Madrid. 480pp.
13. Menchú, M, et.al. 1996. Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica, Primera Sección. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá-Oficina Panamericana de la Salud. Guatemala. 98pp.
14. Mendenhall, W. 1987. Introducción a la Probabilidad y la Estadística. 5ª ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 626pp.
15. Pedrero, D. y R. Pangborn. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos, Métodos Analíticos. Editorial Alhambra. México. 251pp.
16. Potter, N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Harla. 2a ed. México. 749pp.
17. Rivas, K. 1994. Evaluación de Conocimientos Alimentarios Nutricionales en los Pacientes Diabéticos que Asisten a la Consulta Externa del Hospital Roosevelt. Tesis (Licenciado en Nutrición) - Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades. Guatemala.
18. The NutraSweet Company. 1996. Aspartame. Illinois.
19. Waring, S. 1988. Shortening Replacement in Cakes. Food Technology. Estados Unidos, 42(3): 114-117.

20. Wissenschaftliche. 1989. Food Composition and Nutrition Tables 1989-1990. 4^a ed., Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. Alemania. 1028pp.

ANEXOS

**Anexo No. 1
LISTADOS DE INTERCAMBIO**

**Anexo No. 2
BOLETA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL**

**Anexo No. 3
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIANZA PARA EL SEGUNDO DISEÑO
FACTORIAL DE DOS NIVELES**

**Anexo No. 4
SELECCIÓN DEL NÚMERO DE JUECES**

**Anexo No. 5
ANÁLISIS ESTADÍSTICO t DE STUDENT PARA LOS RESULTADOS DE LA
EVALUACIÓN SENSORIAL**

Anexo No. 1
LISTADOS DE INTERCAMBIO

Los datos que se presentan a continuación son algunas listas, que interesan para este estudio, de los *Listados de Intercambio para la Planificación de la Dieta* preparados por la *American Diabetes Association* y *The American Dietetic Association* (Biermann & Toohey, 1990).

Lista 3. Intercambio de Frutas

carbohidratos: 10 g
 proteínas: -
 grasa: -
 energía: 40 kcal
 (datos por porción indicada)

Intercambios de Fruta	Cantidad a usar
Manzana	1 pequeña
Jugo de manzana	1/3 taza
Puré de manzana (sin endulzar)	½ taza
Albaricoque fresco	2 medianos
Albaricoque deshidratado	4 mitades
Banano	½ pequeño
Zarzas (Blackberries)	½ taza
Mirtilos (Blueberries)	½ taza
Frambuesas	½ taza
Fresas	¾ taza
Cerezas	10 grandes
Cidra	1/3 taza
Dátiles	2
Higos frescos	1
Higos deshidratados	1
Toronja	1/2
Jugo de toronja	½ taza
Uvas	12
Jugo de uva	¼ taza
Mango	½ pequeño
Melón	
Cantaloupe	¼ pequeño
Honeydew	1/8 mediano
Sandía	1 taza
Nectarina	1 mediana
Naranja	1 pequeña
Jugo de Naranja	½ taza
Papaya	¾ taza
Durazno	1 mediano
Pera	1 pequeña

Continuación Anexo No. 1

Pérsimo	1 mediano
Piña	½ taza
Jugo de piña	1/3 taza
Ciruelas	2 medianas
Ciruela pasa	2 medianas
Jugo de ciruela pasa	¼ taza
Pasas	2 cucharadas
Mandarina	1 grande

Lista 4. Intercambio de Pan, cereal y vegetales con alto almidón
 carbohidratos: 15 g
 proteínas: 2 g
 grasa:
 energía: 70 kcal
 (datos por porción indicada)

Intercambios de Alimentos de Cereal Preparados	Cantidad a usar
Bizcocho, 2 in. de diámetro (omitir 1 intercambio de grasa)	1
Pan de Maíz, 2x2x1 in. (omitir 1 intercambio de grasa)	1
Panecillo de Maíz 2 in. de diámetro (omitir 1 intercambio de grasa)	1
Galleta salada, redonda, tipo mantequilla (omitir 1 intercambio de grasa)	5
Cubilete , pequeño, simple (omitir 1 intercambio de grasa)	1
Pancake 5x1/2 in. (omitir 1 intercambio de grasa)	1
Papas fritas a la francesa 2-3 ½ in. (omitir 1 intercambio de grasa)	8 pedazos
Chips de papa o maíz(omitir 2 intercambios de grasa)	15
Waffle 5x1/2 in. (omitir 1 intercambio de grasa)	1

Anexo No. 2
BOLETA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

No. _____

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

INSTRUCCIONES: Pruebe la muestra a su izquierda. Indique su nivel de agrado en la escala con el código correspondiente marcando con una "X" la opción que más le parezca. Después de evaluar la primera muestra coma una galleta de soda y enjuáguese la boca con agua. Repita el mismo procedimiento para la muestra de la derecha. **MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.**

----- gusta mucho
----- gusta
----- ni gusta ni disgusta
----- disgusta
----- disgusta mucho

----- gusta mucho
----- gusta
----- ni gusta ni disgusta
----- disgusta
----- disgusta mucho

OBSERVACIONES:

Anexo No. 3
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIANZA PARA EL SEGUNDO DISEÑO
FACTORIAL DE DOS NIVELES

Resultados Medidos

Muestra	Rango tamaño burbuja (± 0.005 cm)	# de burbujas > 1.0 cm	Calificación de unif. de burbuja	Crecimiento (± 0.005 cm)
A1	1.65 - 0.05 cm	2	3	5.40 cm
A2	1.50 - 0.05 cm	2	3	5.03 cm
A3	1.72 - 0.05 cm	1	3	5.25 cm
A media			3	
B1	1.55 - 0.05 cm	2	3	5.68 cm
B2	1.80 - 0.05 cm	2	3	5.27 cm
B3	1.65 - 0.05 cm	2	3	5.50 cm
B media			3	
C1	1.00 - 0.05 cm	1	5	5.40 cm
C2	0.95 - 0.05 cm	--	5	6.02 cm
C3	1.00 - 0.05 cm	2	5	5.85 cm
C media			5	
D1	1.14 - 0.05 cm	2	4	5.94 cm
D2	0.97 - 0.05 cm	1	5	6.07 cm
D3	1.20 - 0.05 cm	1	4	5.85 cm
D media			4	
E1	2.06 - 0.05 cm	2	2	5.52 cm
E2	2.25 - 0.05 cm	1	2	5.64 cm
E3	2.25 - 0.05 cm	1	2	5.65 cm
E media			2	
F1	1.87 - 0.05 cm	1	3	5.89 cm
F2	2.06 - 0.05 cm	2	2	5.04 cm
F3	2.10 - 0.05 cm	2	2	5.73 cm
F media			2	
G1	2.25 - 0.05 cm	2	2	4.51 cm
G2	2.31 - 0.05 cm	2	2	4.80 cm
G3	2.38 - 0.05 cm	3	2	4.92 cm
G media			2	
H1	2.16 - 0.05 cm	2	2	4.66 cm
H2	2.11 - 0.05 cm	1	2	5.00 cm
H3	1.63 - 0.05 cm	2	3	4.60 cm
H media			2	
I1	1.60 - 0.05 cm	2	3	5.25 cm
I2	1.77 - 0.05 cm	1	3	5.80 cm
I3	1.52 - 0.05 cm	1	3	5.74 cm
I media			3	
J1	1.78 - 0.05 cm	2	3	5.61 cm
J2	1.55 - 0.05 cm	3	3	5.75 cm
J3	2.10 - 0.05 cm	1	2	5.23 cm
J media			3	
K1	2.25 - 0.05 cm	3	2	5.66 cm
K2	1.45 - 0.05 cm	2	4	5.80 cm
K3	1.63 - 0.05 cm	2	3	5.01 cm
K media			3	

L1	1.75 - 0.05 cm	1	3	5.40 cm
L2	1.75 - 0.05 cm	2	3	5.62 cm
L3	1.66 - 0.05 cm	3	3	5.64 cm
L media			3	
M1	2.05 - 0.05 cm	3	2	4.97 cm
M2	2.32 - 0.05 cm	3	2	5.10 cm
M3	2.00 - 0.05 cm	2	2	5.45 cm
M media			2	
N1	2.35 - 0.05 cm	2	2	5.60 cm
N2	1.98 - 0.05 cm	2	3	5.07 cm
N3	2.10 - 0.05 cm	2	2	5.42 cm
N media			2	
O1	2.00 - 0.05 cm	2	2	4.76 cm
O2	2.28 - 0.05 cm	2	2	5.08 cm
O3	2.14 - 0.05 cm	3	2	4.48 cm
O media			2	
P1	2.36 - 0.05 cm	1	2	4.96 cm
P2	2.30 - 0.05 cm	3	2	4.48 cm
P3	2.05 - 0.05 cm	2	2	4.65 cm
P media			2	

- La calificación se asignó con los siguientes parámetros:

Límite máximo	Calificación
1.m. < 1.00 cm	5
1.00 < 1.m. < 1.50 cm	4
1.50 < 1.m. < 2.00 cm	3
2.00 < 1.m. < 2.50 cm	2
2.50 < 1.m. < 3.00 cm	

- El crecimiento de los cubiletes, en centímetros, se empleó en la determinación de la apariencia general.

RESULTADOS DE CADA CARACTERÍSTICA EVALUADA EN CADA FORMULACIÓN

Formulación	Remoción de papel	Uniformidad de burbuja	Suavidad de miga	Soltura de miga	Sabor	Apariencia General
A	4	3	3	4	4	3
B	4	3	3	3	5	3
C	5	5	4	5	5	4
D	5	4	4	5	5	4
E	4	2	3	3	4	3
F	5	2	3	3	4	3
G	5	2	2	2	4	2
H	4	2	2	2	4	2
I	4	3	3	4	3	3
J	4	3	3	3	4	3
K	4	3	3	4	4	4
L	4	3	4	4	4	4
M	4	2	3	3	3	3
N	4	2	3	3	3	3
O	4	2	2	2	3	2
P	4	2	2	2	3	2

RESULTADOS TOTALES POR FORMULACIÓN

Muestra	Aspartame (gramos)	Margarina (gramos)	Purè manz. (gramos)	Emulsif. (%)	Punteo total	Media
A	7.5	80.0	25.0	2.5	21	3.5
B	7.5	80.0	25.0	0.0	21	3.5
C	7.5	80.0	0.0	2.5	28	4.7
D	7.5	80.0	0.0	0.0	27	4.5
E	7.5	65.0	25.0	2.5	19	3.2
F	7.5	65.0	25.0	0.0	20	3.3
G	7.5	65.0	0.0	2.5	17	2.8
H	7.5	65.0	0.0	0.0	16	2.7
I	6.0	80.0	25.0	2.5	20	3.3
J	6.0	80.0	25.0	0.0	20	3.3
K	6.0	80.0	0.0	2.5	22	3.7
L	6.0	80.0	0.0	0.0	23	3.8
M	6.0	65.0	25.0	2.5	18	3.0
N	6.0	65.0	25.0	0.0	18	3.0
O	6.0	65.0	0.0	2.5	15	2.5
P	6.0	65.0	0.0	0.0	15	2.5

Cálculo Estadístico

Hipótesis nula: No hay diferencia significativa entre las medias de las calificaciones de las formulaciones, a un nivel de significancia de 0.01.

Hipótesis alternativa: Existe diferencia entre las medias de las calificaciones de las formulaciones a un nivel de significancia de 0.01.

F calculada = 4.13 > F tabla = 3.12
(de tabla en pag. Siguiete)

Se rechazó la hipótesis nula, por lo que se concluyó que sí existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones de las formulaciones, con un nivel de significancia de 0.01.

Para determinar la diferencia entre muestras, se calculó el DMS, que es la diferencia mínima para que se considere que las medias son distintas entre sí.

$$DMS = 0.553$$

De comparar las diferencias entre medias de todas las formulaciones con el valor de DMS se concluyó que las formulaciones C y D están por encima del resto de formulaciones, pero no existe diferencia entre sí.

Anexo No. 4
SELECCIÓN DEL NÚMERO DE JUECES

(Pedrero, 1989)

Anexo No. 5
ANÁLISIS ESTADÍSTICO t DE STUDENT PARA LOS RESULTADOS DE LA
EVALUACIÓN SENSORIAL

Resultados obtenidos

Formulación	Número de panelistas que marcaron gusta (4)	Número de panelistas que marcaron gusta mucho (5)
Con emulsificante	12 (24.0 %)	38 (76.0%)
Sin emulsificante	14 (28.0%)	36 (72.0%)

Formulación	Media de punteo
Con emulsificante	4.76
Sin emulsificante	4.72

t de Student Simple

Análisis Estadístico t-student simple para formulación con emulsificante con nivel de significancia de 0.01:

$$t \text{ calculada} = 12.08 \quad > \quad t \text{ tabla} = 2.4065$$

Se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia de 0.01, la media de las calificaciones para esta formulación está significativamente por encima de 4, es decir por encima de gusta.

Análisis Estadístico t-student simple para formulación sin emulsificante con nivel de significancia de 0.01:

$$t \text{ calculada} = 11.21 \quad > \quad t \text{ tabla} = 2.4065$$

Se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia de 0.01, la media de las calificaciones para esta formulación está significativamente por encima de 4, es decir por encima de gusta.

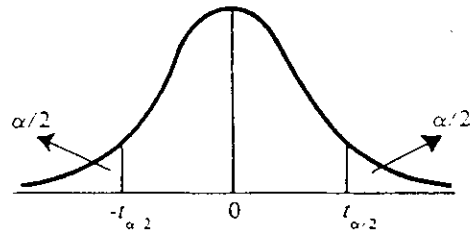
t de Student para muestras relacionadas

$$t \text{ calculada} = 0.389 \quad < \quad t \text{ tabla} = 2.684$$

No se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones de las dos formulaciones con un nivel de significancia de 0.01.

Las tablas de t de Student se presentan en las páginas siguientes.

Valores criticos para *t* de Student*



Nivel de significancia (α):

Una cola

0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
------	------	------	------	------	-------	------	-------	--------

Dos colas

g.l.	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792

Continúa

* Tabla generada utilizando el programa SAS escrito por R. W. Wasnan, II, Armour Research Center, Scottsdale, Arizona.

Nivel de significancia (α):

Una Cola

	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Dos Colas								
g.l.	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	.679	.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	.677	.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	.674	.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Nivel | %

g.l. del deno- mina- dor	g.l. de numerador									
	1	2	3	4	5	8	12	24	∞	
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.26	2.93	2.55	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.23	2.90	2.52	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.20	2.87	2.49	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.17	2.84	2.47	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	2.99	2.66	2.29	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.82	2.50	2.12	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.66	2.34	1.95	1.38
∞	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.51	2.18	1.79	1.00

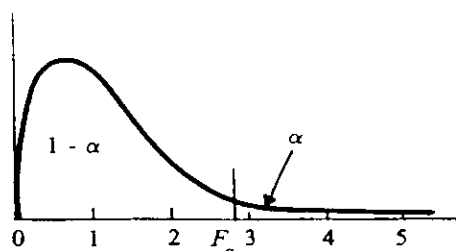
Fuente: M. Merrington y C.M. Thompson (1943). "Tables of 1 percentage points of the inverted beta (F) distribution." *Biometrika* 33, 73-99. Reimpreso con autorización de *Biometrika* Trustees.

Nivel 5%

g.l. del deno- mina- dor	g.l. del numerador									
	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	1.90	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.18	2.00	1.79	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.10	1.92	1.70	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.02	1.83	1.61	1.25
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.10	1.94	1.75	1.52	1.00
Nivel 1%										
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5982	6106	6234	6366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.37	99.42	99.46	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.49	27.05	26.60	26.12
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.80	14.37	13.93	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.29	9.89	9.47	9.02
6	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.10	7.72	7.31	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.84	6.47	6.07	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.03	5.67	5.28	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.47	5.11	4.73	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.06	4.71	4.33	3.91
11	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.74	4.40	4.02	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.50	4.16	3.78	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.30	3.96	3.59	3.16
14	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.14	3.80	3.43	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.00	3.67	3.29	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	3.89	3.55	3.18	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.79	3.45	3.08	2.65
18	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.71	3.37	3.00	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.63	3.30	2.92	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.56	3.23	2.86	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.51	3.17	2.80	2.36
22	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.45	3.12	2.75	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.41	3.07	2.70	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.36	3.03	2.66	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.32	2.99	2.62	2.17
26	7.72	5.53	4.46	4.14	3.82	3.59	3.29	2.96	2.58	2.13

Continua

Valores críticos para F



Nivel 5%

g.l. del deno- mina- dor	g.l. del numerador										
	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞	
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	238.9	243.9	249.0	254.3	
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.45	19.50	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.64	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.77	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.53	4.36	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.84	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.41	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.12	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.90	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.74	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.61	2.40	
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.50	2.30	
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.77	2.60	2.42	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.53	2.35	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.64	2.48	2.29	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.42	2.24	2.01	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.55	2.38	2.19	1.96	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.34	2.15	1.92	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.11	1.88	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73	
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71	
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69	

Continúa

