

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería



“Elaboración de un pan dulce reducido en calorías”

Trabajo de graduación presentado por Ana Isabel Sterkel Zibara para optar al grado  
académico de

Licenciada en Ingeniería en Ciencia de Alimentos

Guatemala

2013



“Elaboración de un pan dulce reducido en calorías”

# Universidad del Valle de Guatemala

Faculta de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencia de Alimentos

“Elaboración de un pan dulce reducido en calorías”

Trabajo de graduación presentado por Ana Isabel SterkelZibara para optar al grado  
académico de

Licenciado en Ingeniería en Ciencia de Alimentos

Guatemala

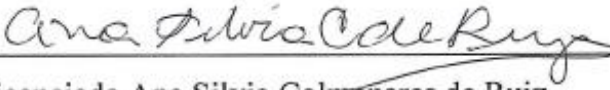
2013

Vo. Bo.:

(f)   
Licenciada Verónica Gálvez  
Asesora

Tribunal Examinador:

(f)   
Licenciada Verónica Gálvez  
Asesora

(f)   
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)   
Licenciada Patricia de Palomo

Fecha de aprobación: Guatemala 27 de noviembre de 2013.

# AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme realizar mi trabajo de graduación, ser mi motivación todos los días, mostrándome su amor incondicional, y llenándome de muchas bendiciones.

A María

Por acompañarme durante la elaboración de mi trabajo de graduación, enseñándome a poner en práctica sus virtudes, para lograr mis metas.

A mis papás

Por ser mi apoyo incondicional y animarme a cumplir mis sueños.

A las Licenciadas

Colmenaresy Palomo, por su apoyo ofrecido en este trabajo y durante toda mi carrera universitaria.

A mis asesoras

Por todo el apoyo durante el desarrollo de este trabajo, con sus conocimientos e ideas aportadas; además de su tiempo y apoyo en todo momento.

# CONTENIDO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
A. Definición y clasificación de los productos de panadería.....	2
B. Bizcochos o masas batidas.....	2
1. Definición y aspectos generales.....	2
2. Proceso detallado de elaboración.....	4
3. Proceso general de elaboración.....	4
4. Principales defectos al momento de elaborar bizcochos.....	5
a. Falta de desarrollo de cresta.....	5
b. Secado durante o después de la cocción.....	5
c. Hundimiento o apelmazamiento.....	5
d. Corta vida de anaquel.....	5
C. Ingredientes en la elaboración de bizcochos o masas batidas.....	6
1. Azúcar.....	6
2. Harina de trigo.....	6
3. Huevos.....	7
4. Grasa.....	7
5. Leudantes químicos.....	8
6. Leche.....	8
D. Aditivos alimentarios (sustitutos).....	9
1. Edulcorantes.....	9
a. Definición y aspectos generales.....	9
b. Clasificación y usos.....	11
1) Estevia.....	12
2) Esteviaalpha.....	12

3)	Estevia CSG.....	13
4)	Sacarina.....	13
5)	Acesulfame k.....	14
6)	Aspartame.....	14
7)	Sucralosa.....	15
8)	Isomalt.....	15
2.	Agentes de llenado.....	16
a.	Definición y aspectos generales.....	16
b.	Clasificación y usos.....	16
1)	Maltodextrina.....	17
2)	Polidextrosa.....	17
3.	Fibras alimentarias.....	18
a.	Inulina.....	18
4.	Gomas.....	19
a.	Goma xanthan.....	19
5.	Humectantes.....	19
a.	Glicerina.....	20
6.	Emulsificantes.....	20
a.	Mono- y diglicéridos.....	20
E.	Alimentos funcionales.....	20
1.	Declaración de propiedades de riesgos de enfermedad.....	20
F.	Enfoque de la obesidad y sobrepeso.....	22
1.	Definición y aspectos generales.....	22
2.	Porcentaje grasa corporal.....	22
3.	Índice de masa corporal.....	22
4.	Tratamiento.....	23
III.	ANTECEDENTES.....	24
A.	Importancia del azúcar en productos de panificación.....	24
B.	Importancia de la grasa en productos de panificación.....	25
C.	Uso de sustitutos alimentarios en productos de panificación.....	26
D.	Consumo de productos de panificación.....	29

1.	Producción y consumo de trigo en Guatemala.....	29
2.	Consumo de pan dulce en Guatemala.....	30
E.	Situación de sobrepeso y obesidad en Guatemala.....	31
1.	Sobrepeso y obesidad infantil.....	32
2.	Sobrepeso y obesidad en mujeres.....	32
3.	Sobrepeso y obesidad en hombre.....	34
4.	Causas de sobrepeso y obesidad.....	34
F.	Tendencias mundiales y naciones al consumo de productos light.....	35
1.	Alimentos funcionales.....	35
2.	Promoción de la salud.....	36
3.	Estrategias para la elaboración de productos funcionales.....	36
4.	Panadería funcional.....	36
5.	Alimentos bajos en azúcar.....	37
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	39
V.	OBJETIVOS.....	40
A.	Generales.....	40
B.	Específicos.....	40
VI.	METODOLOGÍA.....	41
A.	Observación.....	41
B.	Descripción.....	41
1.	Elaboración.....	41
a.	Formulaciones.....	41
b.	Procedimiento detallado.....	43
c.	Diagrama del proceso.....	44
2.	Método de evaluación.....	44
a.	Métodos físicos.....	44
b.	Métodos fisicoquímicos.....	44
c.	Métodos químicos.....	44
d.	Métodos de evaluación sensorial.....	45
1)	Prueba triangular.....	45
2)	Prueba de aceptabilidad con escala hedónica.....	45

3) Prueba de preferencia.....	46
VII. RESULTADOS.....	47
A. Pruebas preliminares.....	47
B. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final.....	48
C. Análisis fisicoquímicos y químicos.....	51
D. Análisis físicos.....	56
E. Vida de anaquel.....	58
F. Análisis de costos.....	59
G. Evaluación sensorial.....	59
VIII. DISCUSIÓN.....	63
A. Pruebas preliminares.....	63
B. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final.....	64
C. Análisis fisicoquímicos y químicos.....	66
D. Análisis físicos.....	69
E. Vida de anaquel.....	71
F. Análisis de costos.....	72
G. Evaluación sensorial.....	73
IX. CONCLUSIONES.....	76
X. RECOMENDACIONES.....	77
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	78
XII. ANEXOS.....	81
A. Comentarios.....	81
1. Comentario personal.....	81
B. Cuadros, figuras y fotografías.....	81
1. Pruebas preliminares.....	81
2. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final.....	82
3. Análisis físicos.....	84
4. Análisis químicos.....	86
5. Evaluaciones sensoriales.....	88
a. Boleta triangular.....	88
b. Boleta prueba de aceptabilidad con escala hedónica.....	89

c.	Boleto prueba de preferencia.....	94
6.	Formulaciones preliminares y con distintos sustitutos.....	96
7.	Datos originales y calculados.....	101
8.	Determinación de costos.....	103
9.	Materiales y procedimientos para análisis químicos.....	104
a.	Determinación de humedad: balanza de humedad RADWAG.....	104
b.	Determinación de proteína: método AOAC 979.09 (Kjehldal).....	104
c.	Determinación de grasa: método AOAC 963.15 (Soxhlet).....	105
d.	Determinación de cenizas: método AOAC 923.03.....	105
e.	Determinación de fibra dietética: método AOAC 985.29, 993.21.....	106
f.	Cuantificación de sacarosa: método AOAC 982.14.....	109
10.	Cálculos para análisis químicos.....	110
a.	Humedad: balanza de humedad RADWAG.....	110
b.	Proteína: método AOAC 979.09 (Kjehldal).....	110
c.	Grasa: método AOAC 963.15 (Soxhlet).....	110
d.	Cenizas: método AOAC 923.03.....	111
e.	Fibra dietética AOAC 985.29, 993.21.....	111
f.	Carbohidratos: por diferencia.....	111

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Método de cremado para la elaboración de bizcochos o masas batidas.....	4
Figura 2: Diagrama de flujo para la elaboración de bizcochos o masas batidas.....	4
Figura 3: Clasificación de edulcorantes .....	11
Figura 4: Estructura esteviol .....	12
Figura 5: Estructura sacarina .....	13
Figura 6: Estructura acesulfame k.....	14
Figura 7: Estructura aspartame .....	14
Figura 8: Estructura sucralosa.....	15
Figura 9: Estructura Isomalt.....	16
Figura 10: Estructura maltodextrina .....	17
Figura 11: Estructura polidextrosa.....	17
Figura 12: Estructura inulina .....	18
Figura 13: Estructura goma xanthan .....	19
Figura 14: Estructura glicerina.....	10
Figura 15: Comportamiento de un bizcocho respecto a distintos parámetros de medición.....	25
Figura 16: Valoración general de una magdalena endulzada con azúcar y otra con sucralosa.....	28
Figura 17: Consumo de pan respecto al ingreso mensual.....	30
Figura 18: Procedimiento detallado .....	43
Figura 19: Diagrama del proceso .....	44
Figura 20: Altura de cubiletes con distintos porcentajes de azúcar .....	47
Figura 21: Volumen de cubiletes con distintos porcentajes de azúcar .....	48
Figura 22: Altura de cubiletes con distintas proporciones de agente de llenado .....	50
Figura 23: Densidad de la masa .....	51
Figura 24: Análisis fisicoquímico del cubilete .....	52
Figura 25: Análisis químicos del cubilete.....	53
Figura 26: Cuantificación de sacarosa por medio de HPLC.....	54
Figura 27: Calorías por gramo de cubilete.....	55

Figura 28: Análisis físicos del cubilete .....	56
Figura 29: Análisis de dureza del cubilete .....	57
Figura 30: Vida de anaquel del cubilete .....	58
Figura 31: Perfil de aceptabilidad del cubilete .....	60
Figura 32: Formulación de cubilete preferida por los panelistas .....	61
Figura 33: Cubiletes con distintos porcentajes de azúcar .....	81
Figura 34: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como fuente de fibra) .....	82
Figura 35: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina, inulina y goma xanthan .....	82
Figura 36: Formulación control .....	83
Figura 37: Formulación final .....	83
Figura 38: Masa de la formulación control y final .....	84
Figura 39: Número de poros o burbujas de aire por cm <sup>2</sup> .....	84
Figura 40: Determinación de miga suelta .....	85
Figura 41: Determinación de la densidad .....	85
Figura 42: Determinación de la proteína .....	86
Figura 43: Determinación de grasa con quipo Soxhlet .....	86
Figura 44: Soluciones estándar para la cuantificación de sacarosa (HPLC) .....	87
Figura 45: Presentación de las muestras para la prueba triangular .....	93
Figura 46: Presentación de las muestras para la prueba de aceptabilidad y preferencia ..	94
Figura 47: Panelistas (no entrenados) para pruebas sensoriales .....	94
Figura 48: Curva de calibración de la sacarosa para HPLC .....	102
Figura 49: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de proteína ..	103
Figura 50: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de grasa .....	104
Figura 51: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de cenizas ...	105
Figura 52: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de fibra dietética .....	106
Figura 53: Procedimiento detallado para la preparación de la muestra .....	108
Figura 54: Procedimiento detallado para la preparación de las soluciones de sacarosa .	109

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Tipos de masa.....	2
Cuadro 2: Potencia de dulzor de edulcorantes .....	10
Cuadro 3: Características en el uso de edulcorantes .....	10
Cuadro 4: Ingesta diaria admisible (mg/kg/día).....	11
Cuadro 5: Condiciones relativas al contenido de nutrientes .....	21
Cuadro 6: Clasificación del IMC .....	22
Cuadro 7: Variables de medición respecto al porcentaje de azúcar.....	24
Cuadro 8: Variables de medición respecto al porcentaje de grasa.....	25
Cuadro 9: Prevalencia de exceso de peso y de obesidad en mujeres de 15 a 49 años de edad en países de América Latina y el Caribe .....	32
Cuadro 10: Porcentajes de algún grado de sobrepeso y obesidad según el IMC.....	33
Cuadro 11: Formulación control.....	41
Cuadro 12: Formulación final.....	42
Cuadro 13: Materiales para las evaluaciones sensoriales .....	45
Cuadro 14: Formulaciones de cubilete con distintos porcentaje de azúcar .....	47
Cuadro 15: Formulaciones con distintos sustitutos .....	48
Cuadro 16: Formulaciones con distintas proporciones de agente de llenado .....	50
Cuadro 17: Análisis fisicoquímico de la masa.....	51
Cuadro 18: Análisis fisicoquímico del cubilete .....	52
Cuadro 19: Análisis químicos del cubilete .....	53
Cuadro 20: Cuantificación de sacarosa por medio de HPLC .....	54
Cuadro 21: Calorías por gramo de cubilete .....	55
Cuadro 22: Análisis físicos del cubilete.....	56
Cuadro 23: Análisis de dureza del cubilete.....	57
Cuadro 24: Análisis de color del cubilete .....	58
Cuadro 25: Determinación de la vida de anaquel del cubilete.....	58
Cuadro 26: Costos del cubilete .....	59
Cuadro 27: Análisis de significancia de la prueba triangular del cubilete.....	59

Cuadro 28: Razones de la elección de la muestra diferente en la prueba triangular del cubilete .....	59
Cuadro 29: Análisis de aceptabilidad del cubilete .....	60
Cuadro 30: Análisis de significancia de la prueba de preferencia del cubilete .....	61
Cuadro 31: Razones de preferencia del cubilete .....	62
Cuadro 32: Perfil de la formulación control .....	90
Cuadro 33: Perfil de la formulación final .....	91
Cuadro 34: Formulaciones con distintos porcentajes de azúcar .....	95
Cuadro 35: Formulación con sacarina, aspartame, sucralosa y agente de llenado .....	95
Cuadro 36: Formulación con sacarina, sucralosa y agente de llenado .....	95
Cuadro 37: Formulación con aspartame, acesulfame k y agente de llenado .....	96
Cuadro 38: Formulación con estevia alpha, estevia CSG y estabilizador CC34153 .....	96
Cuadro 39: Formulación con estevia, maltodextrina y povidona .....	97
Cuadro 40: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, maltodextrina, povidona y glicerina.....	97
Cuadro 41: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, povidona y glicerina.....	98
Cuadro 42: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, povidona, glicerina e inulina (como fuente de fibra).....	99
Cuadro 43: Formulación con estevia alpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, povidona, glicerina, inulina y goma xantana .....	99
Cuadro 44: Datos de análisis químicos .....	100
Cuadro 45: Análisis estadísticos de análisis químicos (parte 1) .....	100
Cuadro 46: Análisis estadístico de análisis químicos (parte 2).....	101
Cuadro 47: Estándares de sacarosa para HPLC .....	101
Cuadro 48: Análisis de costos.....	102
Cuadro 49: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de proteína.....	103
Cuadro 50: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de grasa .....	104
Cuadro 51: Equipo para la determinación del porcentaje de cenizas .....	104
Cuadro 52: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de fibra dietética..	105
Cuadro 53: Equipo y reactivos para la determinación y cuantificación de sacarosa .....	108

# RESUMEN

La cultura alimentaria de nuestro país, favorece el consumo de una cantidad excesiva de productos de panificación, que difícilmente se excluyen de la alimentación diaria. Se ha encontrado que por razones de costumbre y/o necesidad, el tipo de pan que se consume en forma masiva es la magdalena. Esto se relaciona con los cambios más relevantes en los patrones alimentarios que ha habido en los últimos años, dentro de los cuales se encuentra el alto consumo de azúcares y carbohidratos refinados. Viendo esta matriz alimentaria como alimento de consumo en el país, el trabajo de tesis tiene como objetivo la elaboración de un pan dulce, popularmente conocido como cubilete, reducido en calorías, por medio del uso de aditivos alimentarios. Éste está dirigido a toda la población que desea consumir una dieta sana y balanceada, disminuyendo así el riesgo de padecer algún grado de sobrepeso u obesidad. Mediante estudios realizados, se ha encontrado que el 41% de los habitantes del país padece de algún grado de obesidad, como consecuencia de una mala nutrición.

Se partió de una formulación control ya establecida y por medio de la investigación, se establecieron formulaciones con distintos sustitutos alimentarios, para determinar la mezcla adecuada de los mismos. Una vez establecida la formulación final, se compararon sus características con respecto a la formulación control, por medio de pruebas físicas, fisicoquímicas y químicas. A su vez, se llevó a cabo un análisis sensorial, para determinar si existía una diferencia significativa entre la formulación control y la formulación final, además de conocer su aceptabilidad y preferencia. Por último, se realizó un análisis de costos, para determinar si era un producto rentable.

La formulación final mostró una reducción en calorías de azúcar (~75%) y grasa (~30%), respecto a la formulación control, permitiendo al cubilete ser etiquetado como “reducido en azúcar” y “reducido en grasa”, respectivamente; sin embargo no fue posible la reducción del 25% de las calorías totales, ya que solo se mostró una reducción del  $11.29 \pm 0.14\%$ . De igual forma, se considera como un producto de panificación saludable para el consumidor, debido a la mezcla de sustitutos adicionados.

# I. INTRODUCCIÓN

Los bizcochos o masas batidas, son conocidos por masas de gran volumen, tiernas y suaves. Estos se componen principalmente de harinas, azúcares, grasas y huevos. Cada uno de estos ingredientes influye en las características del producto final. Por su parte, el azúcar y la grasa aportan sabor, color y textura al pan dulce, al mismo tiempo que ayudan a la retención de la humedad, retardan el deterioro, suavizan, moderan la estructura, entre otros atributos.

En Guatemala se conocen aproximadamente doce formas de pan dulce, dentro de las cuales se encuentran las masas batidas, incluyendo las magdalenas. Es usual observar el alto consumo de pan dulce, acompañado de café para complementar comidas; o siendo el único alimento en algunos casos. Además, es común incluir un cubilete dentro de la refacción escolar de los niños. Este alto consumo de productos de panificación se relaciona con las cifras de sobrepeso y obesidad en el país, que se encuentran dentro de los problemas nutricionales más prevalentes en Guatemala, debido a la disponibilidad de alimentos ricos en calorías. El 51% de las muertes por causas “naturales” están relacionadas con enfermedades que se originan por el sobrepeso y la obesidad.

El objetivo principal de este estudio era elaborar un cubilete, reducido en calorías, por medio del uso de aditivos alimentarios. Para alcanzar este objetivo se elaboraron formulaciones preliminares con distintos porcentajes de azúcar, así como distintos edulcorantes y agentes de llenado. Luego de determinar el edulcorante a utilizar, se trabajó con la formulación establecida, para ver la posibilidad de sustituir otros ingredientes, tales como la grasa por medio de la adición de inulina, y la harina mediante el uso de goma xanthan.

Una vez establecida la formulación final, se realizaron pruebas físicas y químicas, para comparar sus características contra la formulación control. A su vez, se realizó un análisis calorimétrico, por medio el uso de una bomba calorimétrica, para determinar la diferencia entre las calorías estimadas por los ingredientes y las calorías del producto terminado. Por otro lado, se realizó un análisis sensorial, para determinar si existe una diferencia organolépticamente significativa entre la formulación control y la formulación final, además de conocer su aceptabilidad y preferencia por parte de los consumidores.

La discusión y conclusiones del informe representarán la comparación entre la formulación control y la formulación final, incluyendo todos los análisis realizados.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Definición y clasificación de los productos de panadería

Un producto de panadería o pastelería, es aquel alimento preparado con harinas, féculas, azúcares, grasas comestibles, y otros productos alimenticios y sustancias complementarias; sometido o no a fermentación y/o cocción (Madrid, 1994).

Existen dos categorías, en las cuales se clasifica un producto de panadería o pastelería (Madrid, 1994):

- Panadería o pastelería dulce: el azúcar es un ingrediente importante por medio del cual se alcanza el sabor dulce en las piezas.
- Panadería o pastelería salada: la sal es un ingrediente importante, añadida para darle sabor salado a las piezas.

A su vez, dentro de la panadería o pastelería, existen diferentes tipos de masas, entre las cuales se encuentran:

Cuadro 1: Tipos de masa

Masa	Ingredientes	Productos
Masas batidas	Harinas, azúcares, grasas, y huevos. *En algunos casos de añade leudante químico, leche, emulsificador, entre otros.	Bizcochos, melindros, merengues, brazos gitanos, magdalenas, entre otros.
Masas de repostería	Masas batidas con relleno o guarnición de crema, fruta, chocolate, entre otros.	Tocinos de cielo, almendrados, yemas, masas de mazapán, turrone, cocadas, confitados de fruta, mermeladas, entre otros.
Masas de hojaldre	Harina, grasa comestible, aceite y sal.	Pasteles, palmeras, milhojas, pastel de manzana, entre otros.
Masas azucaradas	Harina, aceite, otras grasas, y azúcares comestibles.	Pastas secas, tortas, mantecados, polvorones, entre otros.
Masas escaldadas	Harina, sal, agua, leche, grasas comestibles, y alcoholes naturales.	Relámpagos, lionesas, bocados de dama, cafeteros, entre otros.

Fuente: Madrid, 1994

## **B. Bizcochos o masas batidas**

**1. Definición y aspectos generales.** Se consideran bizcochos o masas batidas las que, habiendo sufrido este proceso técnico, dan como resultado masas de gran volumen, tiernas y suaves. Se componen, fundamentalmente de: harinas, azúcares, grasas y huevos. La finalidad del batido es la incorporación de aire de forma mecánica o manual.

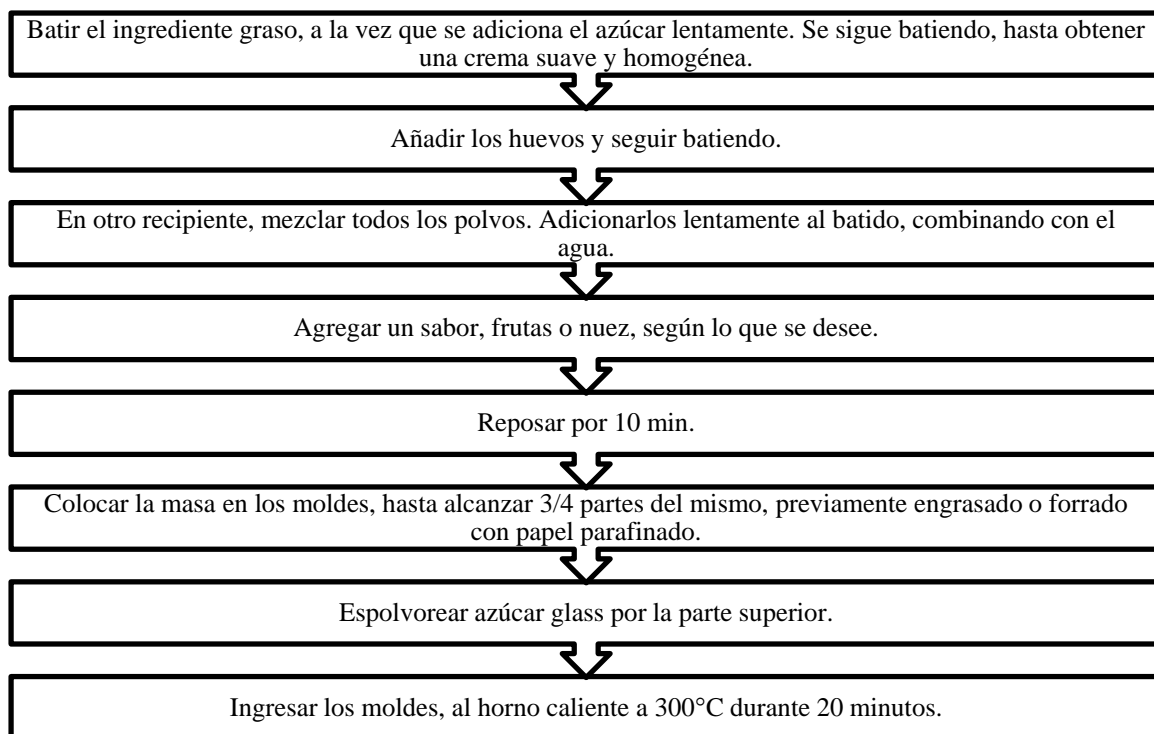
Uno de sus ingredientes principales es el huevo, el cual durante el proceso de elaboración, sufre una emulsión durante el batido, llegando a triplicar en algunas ocasiones el volumen, debido a la incorporación de aire. Sin embargo, no es el único ingrediente que logra estas características. Las diferentes partes del huevo, individualmente, tienen la capacidad de absorción del aire. Las grasas, sobre todo la mantequilla y la margarina, también tienen esta capacidad (García, 2007).

De esta forma, en la mezcla de la serie de ingredientes, además de su tratamiento recibido, se presenta como resultado una masa de aspecto y textura más suave y blanda, que los demás productos de panadería y pastelería. Además, una vez cocidas, presentan un aspecto y textura totalmente esponjosa. Por esta razón, en este tipo de masa se incluyen todas aquellas elaboraciones cuyo resultado final, sin contener entre sus ingredientes levadura de panificación, es el de una masa blanda, suave y alto volumen. A esta familia de masas pertenecen elaboraciones como las magdalenas, tortas de lata, bizcochos, entre otros (García, 2007).

Las mismas son depositadas en moldes o placas y sometidas a la acción del calor. El aspecto esponjoso del producto se consigue gracias al aire incorporado durante el batido. En el caso de los productos muy grasos, como aquellos en cuya composición la materia grasa represente el 50% del peso de la harina, se necesita de leudantes químicos, tales como el bicarbonato en medio ácido, que se desarrollan sobre todo en la cocción. Esto, en la proporción adecuada de uso, ayuda a dar al producto la esponjosidad propia de los bizcochos (García, 2007).

## 2. Proceso detallado de elaboración.

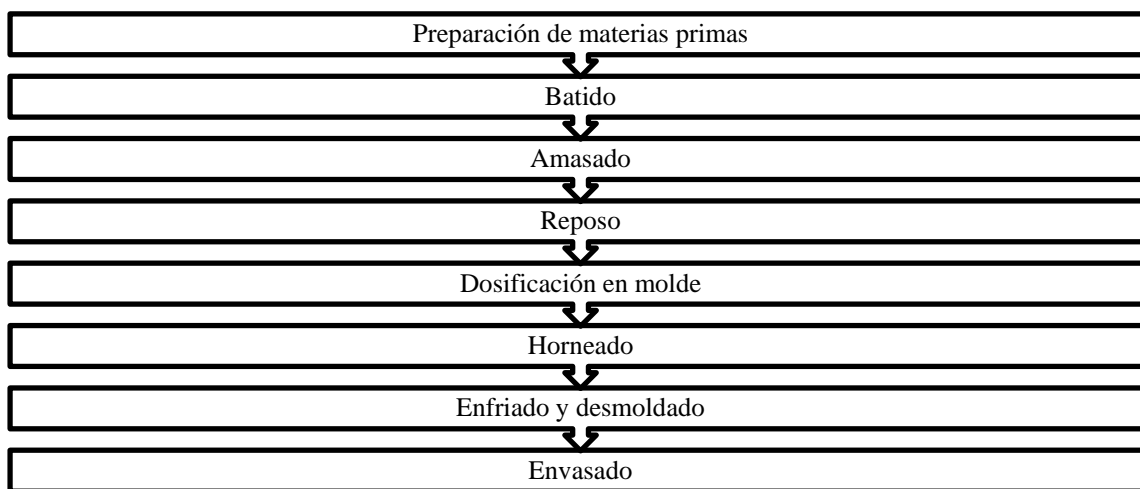
Figura 1: Método de cremado para la elaboración de bizcochos o masas batidas



Fuente: Torres, 2011

## 3. Proceso general de elaboración.

Figura 2: Diagrama de flujo para la elaboración de bizcochos o masas batidas



Fuente: Torres, 2011

#### 4. Principales defectos al momento de elaborar bizcochos.

**a. Falta de desarrollo de cresta.** Esto sucede si la masa está excesivamente blanda, el horno demasiado fuerte, o hay un exceso de azúcar o leudante químico. En este caso, se debe rectificar la cantidad de harina, bajar la temperatura del horno, dejar reposar la masa al menos 10 minutos, para que el leudante químico comience a liberar el gas en la masa. Es aconsejable, dar un batido ligero a la masa antes de ingresarla a los moldes (García, 2007).

**b. Secado durante o después de la cocción.** Se debe a la falta de ingredientes líquidos o grasos, a que el horno está demasiado bajo para la cocción, o a una insuficiente cantidad de azúcar. Para solucionar el problema, hay que rectificar los líquidos o grasos, o subir la temperatura del horno. Una vez fríos, hay que envasarlos en plástico o en bolsas con cierre hermético (García, 2007).

**c. Hundimiento o apelmazamiento.** La principal razón del mismo, puede ser un batido insuficiente. También puede ocurrir por exceso de humedad, grasa, azúcar o falta de harina, por exceso de leudante químico, o por una temperatura del horno demasiado alta. En este caso, hay que disminuir el contenido de leudante químico, equilibrar la receta, y acondicionar la temperatura del horno. En el caso de las masas de repostería, un exceso de aditivos (jalea, crema, etc.), impide el crecimiento y la solidificación de la masa durante la cocción, debido a que el azúcar no cristaliza lo suficiente para aguantar el crecimiento del volumen (García, 2007).

Por otro lado, también puede ocurrir por una mala mezcla de ingredientes, al adicionar la harina, o la grasa. Debido a que el huevo está batido, y el volumen del mismo es alto, se debe procurar agregar la harina poco a poco y con mucho cuidado, mezclándola con una paleta, para que no se vea afectado el aire que se ha incorporado en la emulsión al momento de batir los huevos. Por otro lado, en el caso de la grasa, se debe atemperar la misma para que se integre con facilidad al batido, ya que en caliente disuelve el huevo y pierde la emulsión del batido. Como es de esperarse, un batido sin emulsión, al cocerlo queda apelmazado (García, 2007).

**d. Corta vida de anaquel.** En el caso de los productos batidos de masas de repostería, es decir, con el agregado de un relleno como mermelada, dulce de leche o frutas deshidratadas; la humedad de rellenos líquidos o frutas deshidratadas acorta la vida útil del producto y puede favorecer el desarrollo de microorganismos. Esta migración de humedad puede ser disminuida por medio de la incorporación de más grasa a la masa (Lezcano, 2011).

### C. Ingredientes en la elaboración de bizcochos o masas batidas

Dentro de los principales ingredientes, para la elaboración de bizcochos o masas batidas, se toman en cuenta: harinas, azúcares, grasas y huevos. También se suelen utilizar ingredientes opcionales u ocasionales, tales como: leudante químico, leche, entre otros. Cada uno de estos ingredientes aporta a la masa unas características diferentes, así como también emplea una única función en la elaboración de bizcochos. A su vez, existen parámetros de control durante la realización de los batidos, con respecto a cada ingrediente, los cuales influyen considerablemente en el resultado final del producto elaborado (García, 2007).

**1. Azúcar.** El elevado contenido de azúcar en los productos batidos mejora el mantenimiento de su calidad y les brinda el dulzor característico. De forma general, las azúcares influyen tanto en el sabor y color, como en la textura del pan dulce (Lezcano, 2011). Las mismas, mejoran la textura y la suavidad de la miga, ya que son utilizadas para dar consistencia al batido del huevo (García, 2007).

Su capacidad de ablandar y humedecer los productos batidos, ayuda a la retención de la humedad y disminuye la actividad de agua en el producto, retardando su deterioro (Potter, 1978).

Por encima de los 160°C el azúcar sufre una serie de complejos procesos que otorgan la corteza marrón típica a varios productos horneados. Se las denomina reacciones de Maillard, y son esencialmente reacciones de caramelización catalizadas en medio ácido (Lezcano, 2011).

**2. Harina de trigo.** El gluten, es la proteína funcional más importante de la harina de trigo. El mismo forma una masa elástica al momento de mojarse o ser amasado mecánicamente. Lo que sucede es que el mismo se combina con el almidón, el cual se gelatiniza en presencia de agua y calentamiento, formando una gel que brinda rigidez a la masa. De este modo, ambos componentes forman masas con elasticidad y estructura de acuerdo a la cantidad de agua agregada y al calentamiento (Potter, 1978).

Las mismas son clasificadas según su porcentaje de proteínas, dependiendo del uso al que se destinen. La importancia de su clasificación, se debe al contenido de gluten que cada tipo de harina contiene. Éste contenido guarda relación con las proteínas, ya que el mismo se forma por la unión de la gliadina y la glutenina. De este modo, existen tres tipos de harina, dentro de los cuales están: harina suave, harina dura, y harina multipropósito. La primera contiene una menor cantidad de gluten, con un porcentaje de 7 a 8% de proteína, por lo que producen una película que se rompe con facilidad; siendo utilizada para la elaboración de pasteles y productos similares con texturas suaves. Por otro lado, la segunda, contiene más gluten, con un porcentaje de proteína de 10 a 13%, permitiendo una mayor expansión de la estructura sin

romperse; siendo utilizada para la elaboración de pan. Por último, la tercera, contiene una cantidad promedio de gluten, y puede utilizarse para producir la mayoría de productos de panadería (Potter, 1978).

La harina para los bizcochos debe ser suave, ya que al ser menos rica en gluten, no le aporta nervio ni correa a la masa. Por regla general, la harina se debe tamizar previamente, antes de ser incorporada al bizcocho. A su vez, se debe de agregar poco a poco sobre el mismo, para que evitar que, en contacto con la humedad del huevo, pueda formar grumos. El mezclado de la misma debe de realizarse con mucho cuidado, para evitar que el bizcocho pierda el aire en la emulsión (García, 2007).

**3. Huevos.** Brindan la esponjosidad del producto final, debido a la incorporación de aire durante el batido (García, 2007). Además, proporcionan nutrientes, sabor y color. Debido a su alto contenido de proteínas que se coagulan igual que el gluten, forma películas y retiene el aire, elevando los productos batidos y contribuyendo a la estructura del pan (Potter, 1978).

El batido de los huevos brinda a la masa una textura aireada y liviana. Esto se logra porque la clara de huevo (albúmina) contiene lecitina, una proteína que protege el exterior de las burbujas de aire creadas cuando el huevo fue batido y previene que estas colapsen durante el horneado. De esta forma, se retiene el aire, aumentando de volumen, lo que después durante la cocción permite la formación de miga (Lezcano, 2011).

Los huevos a utilizar han de ser frescos y se deben batir lo suficiente para que absorban el aire necesario que requiere el batido. En la actualidad la industria de los batidos elige utilizar huevo líquido pasteurizado. El producto obtenido es más seguro desde el punto de vista de la inocuidad y facilita las operaciones de manipuleo dentro de las industrias (Lezcano, 2011).

**4. Grasa.** La grasa influye tanto en el sabor, como en la textura del pan dulce; ablanda los productos batidos, suaviza y modera su estructura, y realza el sabor. Debilita o acorta una masa aflojando su red de gluten, haciendo que el producto horneado sea más suave, que se quiebre más fácilmente y que tenga una palatabilidad más blanda (Lezcano, 2011).

Contribuye a la función del huevo, atrapando el aire durante el batido y mezclado, produciendo un batido que consiste en masas de pequeñas burbujas de aire atrapadas dentro de gotitas de grasa (Lezcano, 2011). Se forman pequeñas celdas y burbujas, las cuales retienen el vapor de agua, así como el dióxido de carbono formado durante el horneado, y se expanden para darle la estructura y volumen al pan (Waring, 1988). Esto es muy importante en los productos batidos porque son estas burbujas las que se expanden durante el horneado formando una estructura liviana y aireada (Lezcano, 2011).

La grasa elegida necesita ser capaz de formar una emulsión con los otros ingredientes en el batido. Las mismas, no se disuelven sino que se dispersan e incorporan aire (emulsión). Esto hace que el interior de los batidos sea suave y el producto resulte más apetecible (Lezcano, 2011).

Por otra parte, también contribuyen en el incremento de la viscosidad de la masa, el impartir riqueza y suavidad al producto horneado, y prevenir la retrogradación (Hippleheuser, 1995). La suavidad que brinda la grasa al producto horneado, se relaciona directamente con el envejecimiento del pan, retardando la cristalización de las moléculas de almidón, permitiendo que permanezca la humedad por un mayor tiempo.

**5. Leudantes químicos.** El papel de los leudantes químicos, es lograr que los productos batidos se eleven a su potencial (Lezcano, 2011).

El polvo de hornear forma dióxido de carbono al entrar con contacto con el agua, produciendo gas, el cual ejerce presión en el interior de la red tridimensional de las proteínas y carbohidratos del gluten logrando la expansión y esponjamiento el pan (Badui, 1996). Al expandirse el gas, la estructura que formó el gluten lo retiene.

El polvo de hornear está compuesto generalmente por bicarbonato de sodio, un ácido y almidón; en combinación para mantener un nivel estándar de capacidad leudante (Potter, 1978). De esta manera, el bicarbonato de sodio al igual que el polvo de hornear, si se encuentra presente en un ambiente de humedad y ácido, libera dióxido de carbono gaseoso que aumenta el volumen del producto.

Al momento de utilizar los leudantes químicos, lo aconsejable es mezclarlos con la harina para incorporarlos al bizcocho. De esta manera, se dispersa con la harina y se mezcla mejor el batido (García, 2007).

**6. Leche.** Al igual que el agua, la leche se comporta como solvente, por lo que ayuda a distribuir los sabores y se vaporiza durante la cocción, colaborando con la textura final del producto. La grasa, el azúcar, los minerales y las proteínas que contiene le otorgan funciones adicionales. Su lactosa se carameliza y crea color en la superficie, ayudando a desarrollar una corteza firme, en tanto que la grasa y las proteínas contribuyen con sabor y volumen. El ácido láctico, en tanto, aumenta la estabilidad del gluten dando por resultado un producto con textura interior fina (Lezcano, 2011).

## **D. Aditivos alimentarios (sustitutos)**

Un aditivo alimentario se define como cualquier sustancia que no se consume normalmente como alimento por sí misma, ni se usa normalmente como ingrediente típico del alimento, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencional al alimento para un fin tecnológico (inclusive organoléptico) en la fabricación, elaboración, tratamiento, envasado, empaque, transporte o almacenamiento provoque, o pueda esperarse razonablemente que provoque directa o indirectamente, el que ella misma o sus subproductos lleguen a ser un complemento del alimento o afecten sus características (RTCA 67.04.54:10).

### **1. Edulcorantes.**

**a. Definición y aspectos generales.** Los edulcorantes no calóricos, en especial los naturales, constituyen una de las áreas más dinámicas dentro del campo de los aditivos alimentarios, dada la gran expansión que ha experimentado en estos últimos años el mercado de los alimentos bajos en calorías o para diabéticos (Alonso, 2010).

Los mismos, se emplean para dar sabor dulce a los alimentos. Se dividen en dos categorías, las cuales son: naturales y artificiales o sintéticos. Los primeros, poseen un valor nutritivo y energético, por lo que no son considerados 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, sin embargo, no tienen valor nutritivo.

Para que un edulcorante natural o artificial sea utilizable por la industria alimentaria, tiene que cumplir con ciertos requisitos que no sólo se refieren a la inocuidad, dentro de los cuales se encuentran los siguientes (Alonso, 2010):

- Sabor dulce sea percibido inmediatamente.
- Capacidad de degradarse rápidamente.
- Ser lo más parecido posible al azúcar común en cuanto al sabor.
- Aporte calórico sensiblemente más bajo al del azúcar común.
- Mantener sus cualidades al ser combinado con otros alimentos.
- Mantener su termoestabilidad al ser procesado.

Entre los usos más destacados de los edulcorantes está el control de pacientes diabéticos, el manejo de pacientes obesos, como tratamiento para el síndrome metabólico, en la prevención de caries dentales y también son de utilidad en casos de hiperlipemias, así como hiperglucemias (Alonso, 2010).

Cuadro 2: Potencia de dulzor de edulcorantes

Nombre genérico (comercial)	Potencia dulzor <sup>1</sup>
Acesulfame K	180-200
Aspartame (Equal)	180-220
Sacarina	300
Estevia	170-300
Esteviaalpha	250
Estevia GSG	80-120
Sucralosa (Splenda)	600
Isomalt	0.45-0.65

Fuente: Ballabriga, 1998

<sup>1</sup>Potencia de dulzor comparado con una unidad de sacarosa.

Cuadro 3: Características en el uso de edulcorantes

Sustancia	Sabor	Disolución (20°C)	Termoestabilidad
Acesulfame K	Muy amargo	Rápida	Termoestable
Aspartame (Equal)	Sui generis	Lenta	Termolábil
Sacarina	Amargo, metálico	Rápida	Termoestable
Estevia	Poco amargo	Rápida	Termoestable
Esteviaalpha	Poco amargo	Rápida	Termoestable
Estevia GSG	Poco amargo	Rápida	Termoestable
Sucralosa (Splenda)	Indetectable	Lenta	Termoestable
Isomalt	Dulce	Muy lenta	Termoestable

Fuente: Alonso, 2010

Cuadro 4: Ingesta diaria admisible (mg/kg/día)

Edulcorante	JECFA <sup>1</sup>	RTCA <sup>2</sup>
Acesulfame K	0-15	0-1000
Aspartame	0-40	0-1700
Sacarina	0-5	0-170
Estevia	0-4	n/d
Esteviaalpha	n/d	n/d
Estevia GSG	n/d	n/d
Sucralosa	0-15	0-650
Isomalt	n/d	n/d

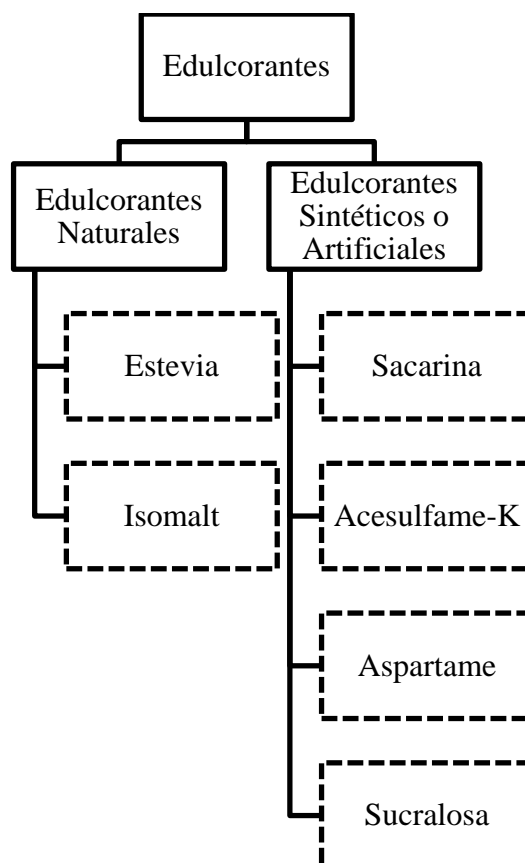
<sup>1</sup>JECFA: Comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.

<sup>2</sup>RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano, versión 67.04.54:10.

Fuente: Alonso, 2010

#### b. Clasificación y usos.

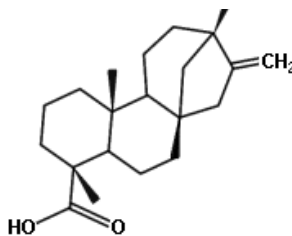
Figura 3: Clasificación de edulcorantes



A continuación se presenta una descripción de los mismos, así como su aplicación dentro de la industria de la panificación, en especial con respecto a la elaboración de pan dulce tipo bizcocho. Se describen únicamente aquellos que a través de la investigación han demostrado cumplir con los requisitos para obtener un producto reducido en calorías, además de ser utilizados para la elaboración de productos de panadería y pastelería, así como ser aprobados para su consumo dentro del país.

**1) Estevia.** La estevia, cuyo nombre científico es *SteviaRebaudiana Bertoni*, es una planta herbácea perenne, cuyas hojas contienen glucósidos de diperteno, responsables del típico sabor dulce (30-50 veces respecto a la sacarosa), siendo este lo más parecido al azúcar entre los edulcorantes naturales (Castañeda, 2008).

Figura 4: Estructura esteviol



Los principales componentes edulcorantes presentes en la hoja de estevia denominados glucósidos de diperteno son: esteviósido (5-10%), rebaudiósido A (2-4%), rebaudiósido C (1-2%) y dulcósido A (0.5-1%); siendo el esteviósido y el rebaudiósido A, los más abundantes con un poder endulzante de 150-300 veces respecto a la sacarosa.

La estevia, es conocida como endulzante natural no calórico, al cual se le atribuyen efectos benéficos en la salud humana, y cuyo consumo se encuentra en aumento. Hasta el 2008, no se conocían aplicaciones en el área de panificación endulzados con estevia. Algunas empresas presentan interés por desarrollar nuevos productos en el área de panificación con estevia, que podrían ser consumidos por personas que desee prevenir el incremento en los niveles de azúcar en la sangre, personas con dietas especiales, y sin afectar las características organolépticas de los alimentos endulzados (Castañeda, 2008).

**2) Estevialpha.** Estevia alfa es un edulcorante de la estevia, constituida por una mezcla de glucósidos de esteviol seleccionados de la hoja de estevia. El glucósido de steviol total contenido en el producto representa más del 95% y el rebaudiósido A (Reb A) es el componente principal. Estevia alfa cumple con las especificaciones se indica en la notificación GRAS por la FDA y contiene sólo moléculas de glucósidos de esteviol que son aprobados por el JECFA y la FDA (PureCircle, 2011).

Está hecho de extracto de estevia, mediante un proceso de purificación para tener una relación, bien definida, de la cantidad de moléculas de glucósidos de esteviol. El proceso no utiliza ningún solvente o ayudante, que no se encuentren aprobados para su uso en la elaboración de alimentos.

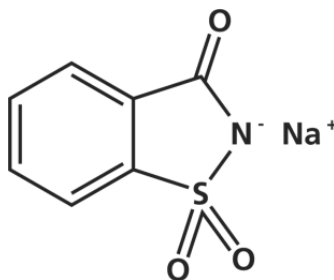
Es utilizada como un edulcorante natural, para alimentos y bebidas. A continuación se presenta una tabla con la potencia de dulzor, según el porcentaje de azúcar a sustituir (PureCircle, 2011).

**3) Estevia CSG.** Estevia GSG es un edulcorante natural, derivado del extracto de la estevia, por medio del proceso de glucosilación de los glucósidos de esteviol. A nivel industrial, es utilizado en polvo. Proporciona una cierta cantidad de dulzor, además de utilizarse potenciador o mejorador del sabor y el perfil dulzor, en alimentos y bebidas (PureCircle, 2011).

Su uso suele ser limitado por el dulzor que se intenta en algún producto o bebida alimenticia, debido a sus propiedades organolépticas (Kraska, 2012).

**4) Sacarina.** Es un compuesto orgánico de petróleo, siendo el único edulcorante alternativo disponible por muchos años. Se presenta como cristales blancos o polvo cristalino. Dentro del mercado, se encuentra disponible: la sacarina ácida, la sacarina de sodio, y la sacarina de calcio (Giese, 1993).

Figura 5: Estructura sacarina



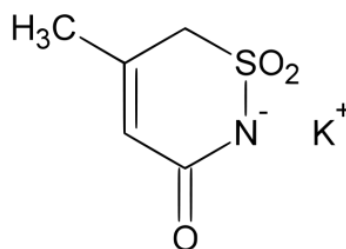
El consumo de sacarina fue objeto de controversia durante algún tiempo, debido a que se ha encontrado que puede causar cáncer, al ser consumido en grandes cantidades. Sin embargo, tras realizar estudios, se ha declarado seguro su consumo y uso en más de 90 países. En Guatemala, está permitido el empleo de la sacarina como edulcorante no nutritivo, solamente en alimentos dietéticos y especiales. Dentro de los usos aprobados por COGUANOR, se encuentran los alimentos dietéticos procesados, en cantidad no mayor de 30mg por unidad de consumo, expresado como sacarina.

La sacarina es apropiada para cocinar y hornear productos alimenticios. Es sumamente estable y dispone de una buena vida útil. Cuando se combina con otros edulcorantes bajos en calorías, las combinaciones son más dulces, que la suma de los edulcorantes individuales.

**5) Acesulfame k.** Es muy útil en mezclas de edulcorantes, ya que presenta un efecto sinérgico. Se ha observado especialmente, cuando se combina con aspartame. Actualmente es utilizado como edulcorante de mesa, goma de mascar, y mezclas de polvo para bebidas; dentro de sus aplicaciones, puede ser utilizado para la elaboración de productos horneados (Giese, 1993). Además, dentro de los usos aprobados por COGUANOR, se encuentran los productos dietéticos.

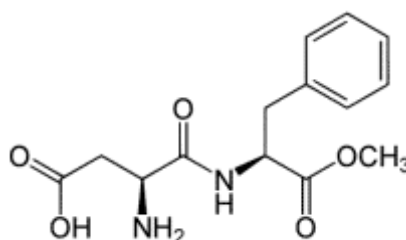
Una de sus ventajas, es que su dulzura no decrece con el aumento de la temperatura, como sucede con otros edulcorantes alternativos. A su vez, es estable en condiciones ácidas y alcalinas, no es calórico, y no requiere información o advertencia de salud en la etiqueta. Por otro lado, una desventaja es que muestra sabores amargos y metálicos a altas concentraciones (Giese, 1993).

Figura 6: Estructura acesulfame k



**6) Aspartame.** Al ser digerido, se descompone en sus componentes básicos que son el metanol, fenilalanina y ácido aspártico, todos presentes naturalmente en las fuentes comunes de alimento. Debido a una enfermedad conocida como fenilcetonuria, en muchos países incluyendo Guatemala, se exige que en los productos que contienen aspartame, se haga un aviso correspondiente (Giese, 1993).

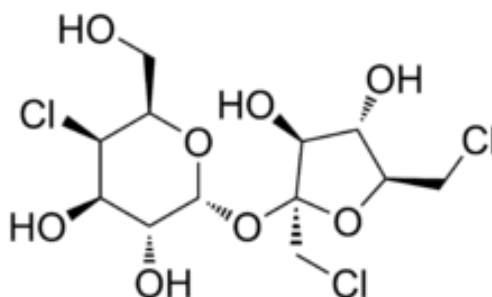
Figura 7: Estructura aspartame



Dentro de las ventajas del aspartame, es considerado como un edulcorante no calórico. Esto último, se debe a que a pesar de que al metabolizarse produce 4kcal/gramo, las cantidades que se emplean son muy pequeñas. Por otro lado, el aspartame presenta como desventaja su inestabilidad en condiciones ácidas, así como la pérdida de dulzura durante su calentamiento. Cabe mencionar que se ha desarrollado aspartame encapsulado, recubierto por una capa de aceite vegetal parcialmente hidrolizado, el cual controla dichos problemas (Giese, 1993).

**7) Sucralosa.** Edulcorante derivado del azúcar común. Presenta una alta calidad de dulzura, buena solubilidad en agua y excelente estabilidad en una gran variedad de alimentos procesados y bebidas. En combinación con otros edulcorantes, presenta un efecto edulcorante sinérgico. Al igual que el azúcar, la sucralosa se hidroliza en solución pero sólo a lo largo de un extendido lapso de tiempo, bajo condiciones extremas de acidez y temperatura. El consumo de la misma, no provoca caries dentales.

Figura 8: Estructura sucralosa

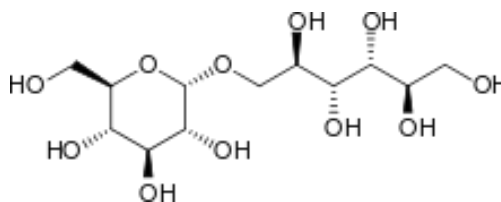


Dentro de sus aplicaciones, la sucralosa puede ser utilizada en productos horneados, en lo que respecta a la panadería, debido a su estabilidad en los distintos productos relacionados. Ya que la sucralosa provee únicamente sabor dulce, debe ser combinada con un agente de llenado.

**8) Isomalt.** Isomalt es considerado como un edulcorante natural auxiliar en la sustitución de azúcar para la fabricación de alimentos más saludables. Pertenece al grupo de los alcoholes disacáridos y es un derivado del azúcar de remolacha (Gostner, 2004).

El proceso de producción tiene inicio con una solución de sacarosa, la cual es transformada a isomaltulosa, por medio de un proceso de transglucosidación. Luego de una cristalización, la misma es hidrogenada en una solución neutra en presencia de un catalizador. De esta forma se produce el isomalt, el cual es una mezcla de los isómeros 1-0  $\alpha$ D-glucopiranosil-mannitol y 6-0  $\alpha$ D-glucopiranosil-D-sorbitol.

Figura 9: Estructura Isomalt



Es un producto inoloro, blanco, cristalino, endulzante y con una muy baja higroscopicidad. Dentro de sus ventajas, es un edulcorante apto para personas con diabetes, mejor tolerados que los alcoholes monosacáridos, y es considerado como un prebiótico potencial que puede contribuir al desarrollo de la flora intestinal benéfica (Gostner, 2004).

El dulzor de isomalt es descrito como puro, ya que no presenta sabor residual y es muy similar a la sacarosa. Además, tiende a enmascarar el sabor amargo de algunos edulcorantes de alta intensidad y agentes de volumen.

Es extremadamente resistente a la degradación química, debido al tipo de enlace que poseen sus moléculas. En lo que respecta a la panadería, no presenta reacción de caramelización o desarrollo de algún otro color durante los procesos de horneado, y en general, no reacciona con otros ingredientes de la formulación (Gostner, 2004).

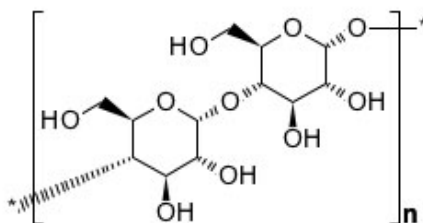
## 2. Agentes de llenado.

**a. Definición y aspectos generales.** Durante el desarrollo de formulaciones libres de azúcar, además del uso de un edulcorante alternativo, también son empleados los agentes de llenado o de carga. Los mismos, se refieren al uso de un ingrediente, para llenar el espacio. Contribuyen reemplazando la mayor parte del azúcar, así como también presentan propiedades funcionales para sustituir otros ingredientes (Savitha, 2008). El uso de estos agentes, contribuye a atrapar el agua en el producto de panificación. Cuando se utiliza sacarosa, en comparación con un edulcorante, se utiliza en mayor cantidad por lo que atrapa el agua. De este modo, cuando se utiliza un edulcorante, una gran parte del agua queda libre, necesitando de un agente de llenado.

**b. Clasificación y usos.** Dentro de los agentes de llenado o de carga se incluyen las azúcares digeribles, tales como alcoholes de azúcar y maltodextrinas; las parcialmente digeribles, tales como povidex, y las no digeribles, como la celulosa (Savitha, 2008). A continuación se presenta una descripción de la maltodextrina y la povidex, así como sus aplicaciones dentro de la industria de la panificación, en especial con respecto a la elaboración de pan dulce tipo bizcocho.

**1) Maltodextrina.** Es un producto de la industria alimentaria que se encuentra entre carbohidratos simples, como el azúcar, y los carbohidratos compuestos como el almidón. Generalmente, la maltodextrina se extrae de la hidrolización del almidón de maíz, aunque también pueden ser extraídas de otros cereales como trigo o centeno y de otros alimentos ricos en carbohidratos como el plátano o la yuca.

Figura 10: Estructura maltodextrina

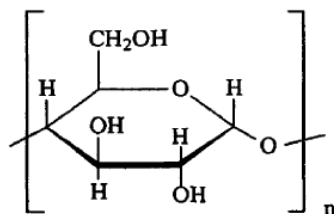


La maltodextrina es un ingrediente de uso extendido en gran cantidad de productos alimenticios. Posee la capacidad de aportar gran cantidad de calorías, aproximadamente 3-4 calorías por gramo, sin generar las molestias digestivas que ocasiona el azúcar simple en grandes cantidades. Es metabolizada de forma rápida en el organismo humano, contribuyendo a la salud de los consumidores (Mitchell, 1966).

A nivel industrial, se presenta como un polvo blanco, de sabor neutral, soluble en agua, y ligeramente dulce. De esta manera, es utilizado como humectante y espesante, agente de volumen, dispersa de forma correcta los ingredientes y aditivos, y alarga la durabilidad del producto.

**2) Polidextrosa.** La polidextrosa es un polímero de almidón, no edulcorante, obtenido a partir de una dextrosa de alta calidad y pequeñas cantidades de sorbitol y de ácido cítrico. Es un agente que facilita volumen y que puede ser utilizado para sustituir hasta la mitad de la grasa de un producto. La mayor parte de estas polidextrosas pasan por el organismo sin ser absorbidas, un 5-10% es digerida y una pequeña cantidad es fermentada en el colon dando un valor calórico de una caloría por gramo. Tiene gusto y textura como el azúcar y grasa (Ballabriga, 1998).

Figura 11: Estructura polidextrosa

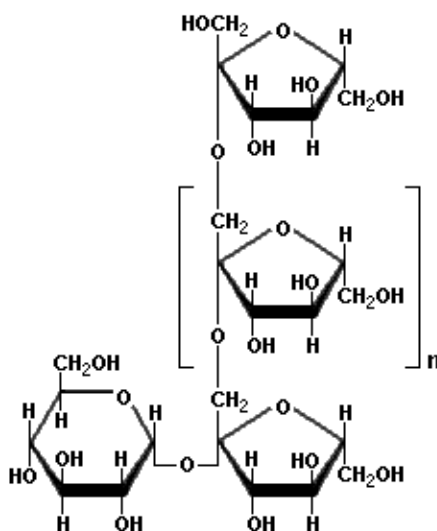


### 3. Fibras alimentarias.

**a. Inulina.** La inulina es un carbohidrato no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. A nivel industrial, es un extracto natural de la raíz de la *achicoria*, conocida por su alto contenido de la fibra y su efecto prebiótico. Su contenido de fibra es del 99%. Sustituye a las grasas de cualquier alimento, brindándole una textura cremosa al producto. Además, para el propósito específico de la panificación, se puede sustituir hasta el 10% de la harina de trigo, por la inulina, logrando una textura aceptable al cocer el producto en el horno (Madrigal, 2007).

Está compuesta por moléculas de fructosa, unidas por enlaces  $\beta$ -(2->1) fructosil-fructosa, siendo el término “fructanos” usado para denominar este tipo de compuestos. Presenta una estructura polimérica predominantemente lineal. Dentro de los diferentes fructanos, la inulina es el compuesto con mayor rango y promedio de grado de polimerización (Mitchell, 1966).

Figura 12: Estructura inulina



Por su configuración química, la inulina no puede ser hidrolizada por las enzimas digestiva del hombre y de animales, por lo que los fructanos permaneces intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal. De este modo, la inulina se comporta como una fibra dietética, aportando un valor calórico reducido de 1.5 calorías por gramo, en comparación con los carbohidratos digeribles. Además de sustituir a las grasas en los alimentos, también mejora el sabor de los edulcorantes con pocas calorías (Madrigal, 2007).

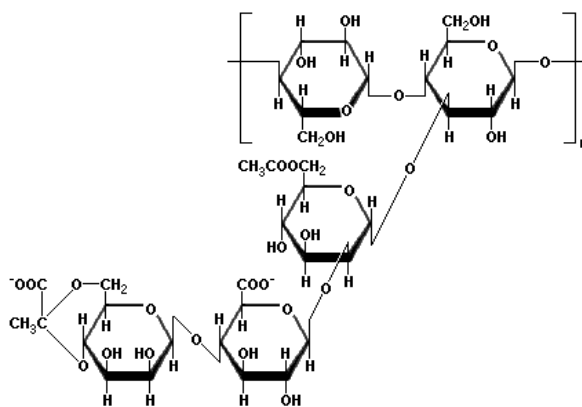
La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos. La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas. En lo que respecta a los productos horneados, la funcionalidad de la inulina reside en la disminución de la actividad de agua, así como la sustitución de azúcares y grasas.

#### 4. Gomas.

**a. Goma xanthan.** La goma xanthan es un polisacárido natural de alto peso molecular. A nivel industrial, se presenta como un polvo color blanco-crema, soluble en agua caliente o fría, dependiendo de su concentración. Contribuye a la estabilidad de suspensiones y emulsiones, debido a su resistencia a la pérdida de viscosidad. Además, da textura a los alimentos (Wong, 2012).

En lo que respecta a la panadería, se utiliza como un estabilizador de la masa, previniendo que el pastel o bizcocho no se desmorone con facilidad, ya que sustituye el efecto aglomerante y espesante del gluten. De esta manera, se utiliza como sustituto del gluten de la harina de trigo. La adición de xanthan dentro de los ingredientes, mejora las características sensoriales de los pasteles y retrasa el envejecimiento o retrogradación, lo que reduce la formación de migas y el aumento de la sensación de humedad en la boca. Su aporte calórico es de 5 calorías por gramo, pero se recomienda el uso de la misma en productos bajos en calorías, debido a las pequeñas cantidades que se requieren (Wong, 2012).

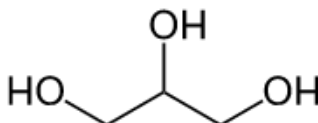
Figura 13: Estructura goma xanthan



**5. Humectantes.** Aditivos alimentarios que impiden la desecación de los alimentos, contrarrestando el efecto de un escaso contenido de humedad en la atmósfera. Tienen como principal función dentro de la matriz alimentaria, brindar y retener la humedad del producto terminado.

**a. Glicerina.** La glicerina es un líquido viscoso, neutro, dulce, e incoloro. Es un componente con el que se consigue emulsionar los ingredientes en una mezcla, además de ser un buen espesante, endulzante, humectante, estabilizante y conservante. La función de la glicerina en el producto de panificación se relaciona con la actividad de agua del mismo, permitiendo un ajuste de la misma, para una mayor estabilidad del producto, formación de la miga y humedad, alargando la vida de anaquel del producto final (Kortum, 2004).

Figura 14: Estructura glicerina



**6. Emulsificantes.** Aditivos alimentarios que hacen posible la formación o el mantenimiento de una mezcla homogénea de dos o más fases en un alimento. Presentan efectos positivos sobre el volumen, la textura de la corteza, la miga, y la conservación del pan. Los mismos favorecen la formación y estabilización de las emulsiones.

**a. Mono- y diglicéridos.** Están compuestos por uno o dos ácidos grasos, respectivamente. Se encuentran clasificados dentro de los aditivos emulsionantes, presentando propiedades desespumantes y evitando el endurecimiento de los productos horneados. Los mismos son obtenidos a partir de la lecitina de soja (Madsen, 1995).

Dentro de sus usos, se encuentra el pan y los productos horneados. No poseen una ingesta diaria admisible, por lo que pueden utilizarse sin límite de cantidad en los productos alimentarios (Madsen, 1995).

## **E. Alimentos funcionales**

Los alimentos funcionales se definen como aquel alimento que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional (Silveira, 2003).

**1. Declaración de propiedades de riesgos de enfermedad.** Indican una relación, en el contexto de la dieta global, entre el consumo de un alimento o de algunos de sus constituyentes, y la reducción del riesgo de contraer una enfermedad o sufrir un problema relacionado a la salud.

La reducción de riesgos significa la alteración significativa de un factor o factores principales de riesgo de enfermedad o problema relacionado con la salud. Las enfermedades presentan múltiples factores de riesgo y la alteración de uno de estos factores puede tener, o no tener, un efecto benéfico. La presentación de las declaraciones de propiedades de reducción de riesgos debe garantizar una correcta interpretación por parte del consumidor utilizando un lenguaje apropiado y haciendo referencia a otros factores de riesgo (RTCA 67.04.60:10).

Ejemplo: “Una dieta saludable, baja en azúcar, puede reducir el riesgo de la obesidad.”

A continuación se presenta una tabla con las condiciones relativas al contenido de nutrientes relacionados con el desarrollo del pan dulce tipo bizcocho, para interpretar los resultados del producto a desarrollar.

Cuadro 5: Condiciones relativas al contenido de nutrientes

<b>Componente</b>	<b>Declaración de propiedades</b>	<b>Condiciones</b>
Energía	Exento, libre, sin, cero	No contiene más de 21 kJ (5 Kcal) por porción o por 100 g o 100 mL.
	Bajo, baja fuente de	No contiene más de 170 kJ (40 Kcal) por porción o por 100 g o 100 mL.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de energía por porción o por 100 g o mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en energía.
Grasa	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 0.5 g por porción o por 100 g o 100 mL.
	Bajo	Contiene no más de 3 g por porción o por 100 g o 100 mL.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos 25% menos de grasa por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en grasa.
Azúcares	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 0.5 g por porción o por 100 g o 100 mL.
	“Sin azúcar agregado” y “Sin adición de azúcares”	Declaraciones permitidas si no se ha adicionado durante el procesamiento, azúcar o ingredientes que contengan azúcar. Se declara si el alimento no es bajo o reducido en energía.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de azúcar por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia.

Fuente: RTCA 67.04.60:10

## **F. Enfoque de la obesidad y sobrepeso**

**1. Definición y aspectos generales.** La obesidad, es por definición, un exceso de grasa corporal que se genera cuando el ingreso energético alimentario, es superior al gasto energético determinado principalmente por la actividad física, durante un período suficientemente largo. Este desequilibrio se ve influenciado por la compleja interacción de factores genéticos, conductuales y del ambiente físico y social (Peña, 2001). Constituye un serio problema de salud que provoca graves daños al organismo, con una disminución de la esperanza y de la calidad de vida. Se previene y se trata con cambios en los estilos de vida, que incluyen dietas hipocalóricas e incremento de la actividad física. El ideal para su tratamiento es su prevención a partir de la realización de cambios en los estilos de vida (Soca, 2009).

Esta enfermedad afecta a un gran porcentaje de la población de países desarrollados y subdesarrollados, abarcando todas las edades, sexos y condiciones sociales. La obesidad aumenta sustancialmente no sólo el riesgo de diabetes y de enfermedad cardiovascular, sino también ciertos tipos de cáncer y otras enfermedades altamente prevalentes (Rubio, 2007). Las principales complicaciones médicas de la obesidad son: enfermedades pulmonares, síndrome metabólico, enfermedades del corazón, diabetes, cáncer, enfermedades del hígado, trastornos ginecológicos, así como enfermedad venosa y periodontal (Soca, 2009).

**2. Porcentaje graso corporal.** La obesidad es una enfermedad que se caracteriza por el exceso de grasa corporal. En función del porcentaje graso corporal, se define como sujetos obesos, aquellos que presentan porcentajes de grasa por encima de los valores considerados normales, que son del 12 al 20% en varones y del 20 al 30% en mujeres adultas (Rubio, 2007).

**3. Índice de masa corporal.** Un método útil, aunque con limitaciones, para definir la obesidad es el índice de masa corporal (IMC), calculada como el peso en kilogramos dividido por la estatura en metros al cuadrado. Los valores de referencia oscilan entre 18,5 y 24,9. Entre 25 y 29,9 es sobrepeso y por encima de 30 se considera que la persona es obesa (Soca, 2009).

Cuadro 6: Clasificación del IMC

Insuficiencia ponderal	<18.5
Intervalo normal	18.5-24.9
Sobrepeso	$\geq 25.0$
Pre-obesidad	25.0-29.9
Obesidad	$\geq 30.0$
Obesidad de clase I	30.0-34.9
Obesidad de clase II	35.0-39.9
Obesidad de clase III	$\geq 40.0$

Fuente: Según la OMS.

**4. Tratamiento.** El tratamiento de la obesidad es difícil y a veces refractario. A pesar de sus dificultades, es necesario insistir en él, debido a las consecuencias tan negativas que tiene esta enfermedad, tanto en la salud física, como psicológica, de las personas. Para realizar un tratamiento adecuado se requiere de un equipo multidisciplinario compuesto por doctores, dietistas, enfermeras, psicólogos y psiquiatras. El éxito en el tratamiento de la obesidad reside en la disminución de la ingesta calórica con relación al gasto energético, teniendo presente que las pautas de alimentación a seguir, deben inculcar hábitos y estilo de vida apropiados que promuevan a largo plazo la disminución de peso en, al menos 20% de su peso con relación a la talla ideal, y se mantenga este peso ideal sin afectar el crecimiento y desarrollo del individuo (Balcarcel, 2004).

### III. ANTECEDENTES

#### A. Importancia del azúcar en productos de panificación

Los azúcares son ingredientes de uso común en la elaboración de productos de panificación, ya que cumplen con múltiples funciones, tales como el aroma, sabor, suavidad, durabilidad, entre otros. Los niveles de empleo de la misma, pueden ir desde 0% en los panes de corteza dura, hasta 20% o más, en los panes dulces (Álvarez, 2008).

Existen estudios que evalúan el efecto de reducción de azúcar en la elaboración de productos de panificación, sin hacer variaciones importantes en otros aspectos de formulación o proceso tecnológico. En general, se ha encontrado que la disminución de azúcar en la formulación, afecta algunos atributos del producto, entre ellos la dureza y la calidad global. En un estudio realizado, en el cual se trabajó en la elaboración de pan dulce con un 50 y 100% menos de azúcar, se encontró que la altura y el volumen se ven afectados de forma significativa, al utilizar 0% azúcar. A su vez, se obtuvo peores valores respecto al desarrollo, poros, elasticidad y masticabilidad (Álvarez, 2008).

Al cambiar el porcentaje de azúcar en la formulación de un bizcocho, se ven afectadas sus características. Otro estudio demostró que, tanto el volumen como la elasticidad, no son afectados por la cantidad de azúcar en la formulación, hasta concentraciones de un 25%; valores más elevados disminuyen significativamente el volumen y su elasticidad.

Cuadro 7: Variables de medición respecto al porcentaje de azúcar

Variables de respuesta	Nivel del ingrediente (%)				
	15	20	25	30	35
Volumen (cm <sup>3</sup> )	98.4	97	106	77.8	85.4
Fuerza Max. De Corte (Kgf)	2.9	1.9	2	1.66	0.86
Elasticidad (%)	78.2	79.5	81.5	73	70
Firmeza (Kgf)	3.95	2.9	2.86	5.58	5.36
Recuperación firmeza (%)	88.5	87.2	87.2	83.3	84.3

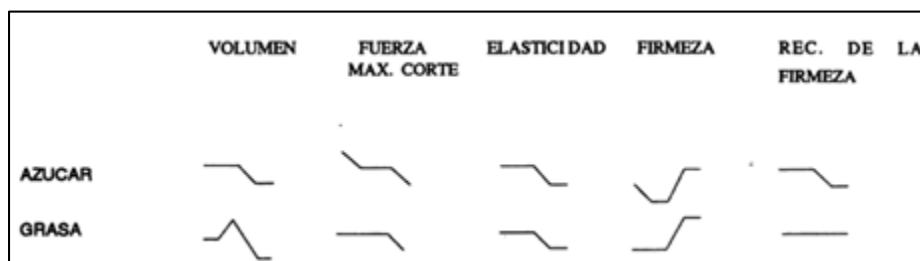
Fuente: Calderón, 1995

Por otro lado, la tendencia del azúcar sobre la fuerza máxima de corte es en general a disminuirla. Esto, debido a que el azúcar es considerada como un agente suavizante de la miga, por lo que a mayor porcentaje de la misma, mayor es su suavidad. Algunos autores citan que al aumentar la

concentración de azúcar se debilita la estructura del gluten y se retiene más agua, dando como resultado un suavizamiento de la miga (Calderón, 1995).

A su vez, en cuanto al efecto del azúcar sobre la firmeza, el fenómeno se basa en la relación inversa entre la firmeza y el volumen, donde para los productos más grandes la fuerza necesaria para comprimirlos es menor. La recuperación de la firmeza disminuye a mayor porcentaje de azúcar, debido a su firmeza (Madrid, 1994).

Figura 15: Comportamiento de un bizcocho respecto a distintos parámetros de medición



Fuente: Calderón, 1995

Mediante estos datos, se ha concluido que el porcentaje de azúcar ideal, para la elaboración de un pan dulce tipo bizcocho, se encuentra entre el 20 al 25% de la formulación del mismo. Al utilizar dicho porcentaje, el azúcar ejerce las funciones deseables en las características del producto final.

## B. Importancia de la grasa en productos de panificación

Al cambiar el porcentaje de grasa en la formulación de un bizcocho, también se ven afectadas sus características. Mediante un estudio se demostró que el volumen máximo de un bizcocho, se encuentra al utilizar 27% de grasa en la formulación. En los intervalos de concentración del 9 al 18%, no existe una diferencia significativa al respecto. Esto puede atribuirse a que la cantidad de burbujas aire que se forman durante el mezclado es insuficiente para generar una diferencia sobre el volumen (Calderón, 1995).

Cuadro 8: Variables de medición respecto al porcentaje de grasa

Variables de respuesta	Nivel del ingrediente (%)				
	9	18	27	36	45
Volumen (cm <sup>3</sup> )	97.4	94.5	106	86.6	92.4
Fuerza Max. De Corte (Kgf)	2.25	2.06	1.99	1.83	0.93
Elasticidad (%)	81.0	80.6	81.4	69.4	73.2
Firmeza (Kgf)	2.5	2.6	2.86	3.82	3.54

Fuente: Calderón, 1995

Por otro lado, en lo que respecta a la fuerza de corte, se ha encontrado que el incremento en la concentración de grasa en la formulación, no afecta la respuesta de forma significativa, excepto a concentraciones mayores al 36%, en la cual la tendencia es a disminuirla. Se ha comprobado, que altas concentraciones de grasa ayudan a la palatabilidad, dando como resultado un producto suave y blando, menos áspero y con tendencia a desmoronarse, disminuyendo así la fuerza necesaria de corte (Calderón, 1995).

En lo que respecta a la elasticidad, en el intervalo entre el 9 al 27% no se observa una diferencia significativa, disminuyendo posteriormente. Altas concentraciones de grasa, pueden impedir el desarrollo del gluten, formando una miga compacta de poca elasticidad. A su vez, en cuanto al efecto sobre la firmeza, valores menores al 27% no afectan de forma significativa (Calderón, 1995).

Mediante estos datos, y observando la Figura 15, se ha concluido que el porcentaje de grasa ideal, para la elaboración de un pan dulce tipo bizcocho, se encuentra entre el 18 al 27% de la formulación del mismo. Al utilizar dicho porcentaje, la grasa ejerce las funciones deseables en las características del producto final.

### **C. Uso de sustitutos alimentarios en productos de panificación**

Según un estudio realizado, en el cual se desarrolló un pastelito tipo cubilete apto para ser consumido por personas diabéticas, al aspartame puede utilizarse como un sustituto de azúcar para la elaboración de productos de panadería y pastelería. Esto, debido a que las características físicas y organolépticas obtenidas de los cubiletes con aspartame, fueron muy similares a las esperadas en un cubilete con la cantidad de azúcar normal. Además, el producto final demostró tener un grado alto de aceptabilidad dentro del panel que lo evaluó sensorialmente (Moncada, 1998).

En un estudio realizado en el 2007, se evaluaron las características organolépticas y nutricionales de la estevia incorporada en productos de panificación. Para el mismo, se seleccionaron los panes dulces y bizcochos más comunes, para incorporarles extracto de estevia a diferentes concentraciones desde el 1.2 hasta el 3%. Se trabajó con harina de trigo, sal, aceite y leche; realizando 100g de masa por mezcla. La estevia fue incorporada con todos los ingredientes, previo a ser incorporada en la harina; y se utilizó el horno a 160°C por 15 minutos. Se analizó la aceptabilidad del producto, mediante sus características, tales como la apariencia, textura, sabor, olor, entre otros; utilizando una escala hedónica. Para retardar su deshidratación y contar con barreras de humedad, se almacenaron en bolsas de polietileno, y fueron evaluados por una semana a temperatura del ambiente. Dentro de las características físicas evaluadas, se tomó en cuenta el peso del producto, así como su diámetro. Por otro lado, se realizó un análisis nutricional,

ya que es esencial para conocer la composición nutricional de los productos de panadería; de tal manera que se determinó la fibra cruda, proteína y grasa. Se ha logrado demostrar que 1% de estevia en la formulación, es muy bien aceptada por parte de los panelistas y consumidores. Sin embargo, porcentajes mayores al mismo, empiezan a perder su aceptabilidad. Además, las estadísticas han revelado que no existe una diferencia significativa en el color, pero sí en el olor y sabor del producto. Respecto al análisis nutricional, no se encontró diferencia significativa en comparación con un estándar. Esto se debe a las pequeñas cantidades que se utilizan de estevia, debido al porcentaje que representan dentro de la formulación (Parimalavalli, 2007).

En 2008, se realizó un estudio muy parecido al anterior, solo que con pan chapati, que es un tipo de tortilla. Se incorporó estevia a concentraciones de 0.5%, 1% y 2%. Dentro de los ingredientes utilizados para la formulación se encuentra una mezcla de harina de trigo, con harina de soya y nueces. No se ha encontrado una diferencia significativa respecto al peso y el diámetro del producto, a las distintas concentraciones de estevia utilizadas. El análisis sensorial, indica que no se encuentra una diferencia respecto a las características organolépticas hasta una adición del 2% de stevia en el pan. De este modo, debido a que la mezcla de las harinas es sana, se considera incorporar la estevia a la formulación, como un valor agregado (Parimalavalli, 2008).

Se ha comprobado que la estevia, sucralosa, y sacarina, en comparación con el uso de azúcar, no alargan la vida de anaquel de magdalena en forma de cubiletes; sin embargo, tampoco se ha encontrado una diferencia significativa. En un trabajo de investigación, dichas pruebas fueron consideradas, ya que la información recopilada es de uso para la gran cantidad de productores que venden pan dulce; influyendo en su conocimiento, precauciones y eficiencia. La hipótesis planteada indicaba que si el cubilete era elaborado con un sustituto de azúcar, tardaría un mayor tiempo en descomponerse, en comparación con el cubilete elaborado con sacarosa. Sin embargo, se encontró que el cubilete endulzado con sacarosa presentaba una mayor vida de anaquel, por lo que la hipótesis fue rechazada. Esta hipótesis fue planteada, debido a la creencia de que los sustitutos de azúcar tienen una mayor vida de anaquel, al considerarse “artificiales” (Neal, 2011).

En un estudio, donde se reformula una magdalena tradicional, en otra baja en calorías mediante sucralosa, y adicionalmente enriquecida con fibra, se muestra que sí hay una influencia en todas las características sensoriales del producto. No obstante, los cambios organolépticos no fueron causa de rechazo del producto (Torres, 2011). En la siguiente gráfica se muestra la valoración general de dicho estudio, con respecto a las características sensoriales evaluadas.

Figura 16: Valoración general de una magdalena endulzada con azúcar y otra con sucralosa



Fuente: Torres, 2011

En otro estudio realizado, en el cual se elaboraron panqueques con sucralosa, así como también con adición de fibra y calcio, se muestra una buena aceptación por parte del consumidor. Además, el valor calórico del producto final, se redujo aproximadamente un 50%, con respecto a los panqueques que se ofrecen dentro del mercado. De este modo, el uso de sucralosa para la obtención de un producto en ausencia de azúcar y bajo valor calórico, se presenta como una opción saludable para personas diabéticas y obesas (Bautista, 2010).

Por otro lado, un estudio realizado a una masa de galletas dulces, así como a su producto final, se sustituyó el azúcar por un porcentaje de edulcorante en combinación con maltodextrina. Se observó que el efecto de dicha sustitución mostraba una influencia en la reología de la masa. Los resultados muestran que sí puede existir una sustitución de azúcar por una combinación entre edulcorante y maltodextrina, en productos de panificación y pastelería. Cabe mencionar, que se presentó un color más claro, con respecto al control (Savitha, 2008).

Asimismo, un estudio realizado en bizcochos, en el cual se sustituyó la grasa por sorbitol, con adición de povidextrona, se obtuvo un producto con aceptabilidad por parte del consumidor (Ramos, 1998). Además, se ha comprobado, que el uso de povidextrona, en combinación con una mezcla de edulcorantes, en la elaboración de pasteles, presentan productos óptimos para el consumo (Savitha, 2008).

Otro estudio, relacionado al efecto de la sustitución del azúcar en la masa de bizcochos con la alta intensidad edulcorante no nutritivo acesulfame-K y agentes de carga como la povidextrona; informó de que

la fuerza de rotura disminuyó, con respecto al control. Además, la evaluación sensorial de los bizcochos sobre la base de la escala hedónica de 7 puntos mostraron que los hechos con povidextrosa recibieron la más alta calificación, seguido de los bizcochos elaborados con los otros agentes de carga (Savitha, 2008).

#### **D. Consumo de productos de panificación**

**1. Producción y consumo de trigo en Guatemala.** Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), entre los alimentos de mayor consumo por el guatemalteco se encuentran los cereales, como el maíz y el trigo. El trigo es el segundo cereal más consumido por la población, principalmente en forma de pan, pastas y otros productos de panificación. Los datos de la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) muestran que en nuestro país, el suministro nacional de trigo se ha duplicado durante los últimos 15 años y siendo el pan la forma más común de consumirlo, se asume que también ha aumentado el consumo del mismo (González, 2004).

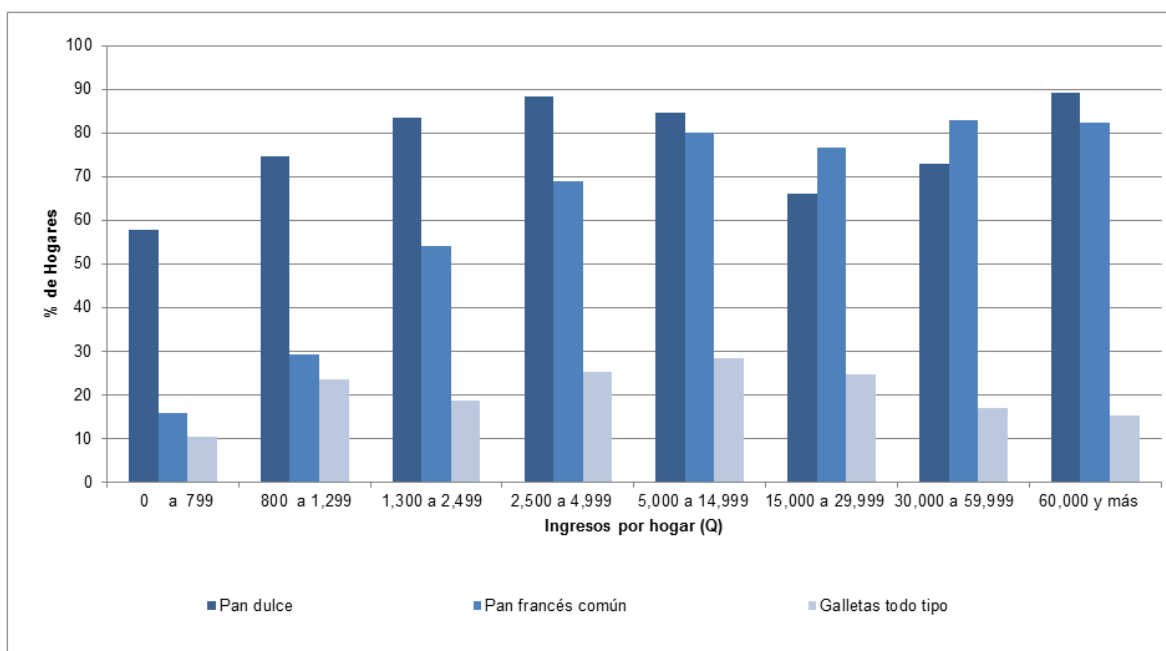
Existe una ley, la cual es el Decreto Ley 1490 del Congreso de la República, con el objetivo de proteger la economía nacional en la producción del trigo. Mediante la misma, dentro de los objetivos principales, se estimula el cultivo y se incrementa la producción de trigo, para reducir la importación del grano. Los departamentos productores de trigo son: Quetzaltenango, Chimaltenango, Totonicapán, San Marcos, Sololá, Huehuetenango y Jalapa (Guerrero, 1995). El país con mayor producción de trigo es China, seguido de India y Estados Unidos. Guatemala se abastece por parte de importaciones de Estados Unidos, siendo uno de los países más grandes exportadores mundiales de este cereal.

A pesar de que la producción de trigo en Guatemala es baja, se importa grandes cantidades del mismo, debido al consumo por parte de los guatemaltecos, al ser considerado como un producto alimenticio de consumo básico. Además, éste constituye la materia prima para la producción de harina, el insumo básico para la industria de panificación, la fabricación de pastas, galletas y otros productos.

El grado en el cual los precios son transmitidos de los mercados internacionales a los domésticos varía entre regiones. Varios estudios de caso del IFPRI en África, Asia y América Latina analizaron la transmisión de los cambios en los precios de los alimentos de los mercados internacionales a los mercados domésticos. Los investigadores encontraron que en América Latina, cerca del 20 % del cambio en los precios internacionales del trigo es transmitido a los precios domésticos del pan. Además, se ha concluido que el pan dulce es el pan tradicional más consumido en Guatemala, y el consumo de éste ha ido en aumento (Von Grebmer, 2011).

**2. Consumo de pan dulce en Guatemala.** En la dieta de los guatemaltecos se presenta una marcada abundancia en carbohidratos. Es común observar, especialmente en área rurales, que sus pobladores además de alimentarse de legumbres y hortalizas acompañados con una tortilla, también consumen pan. También es usual observar el alto consumo de pan dulce acompañado de café para complementar sus comidas, o incluso estos últimos muchas veces son los únicos alimentos con que realizan un tiempo de comida (Morales, 1994).

Figura 17: Consumo de pan respecto al ingreso mensual



Fuente: Almazán, 2012

En Guatemala se conocen aproximadamente doce formas de pan dulce, siendo las más conocidas: conchas, molletes, cachos, batidas, entre otras. Algunas de ellas han desaparecido casi totalmente por su largo trabajo de decoración. Se puede decir que por razones de costumbre y/o necesidad, el tipo de pan que se consume en forma masiva es precisamente el que tiene alto contenido de azúcar (Morales, 1994).

La cultura alimentaria de nuestro país, favorece el consumo de una cantidad excesiva de calorías provenientes de grasa, carbohidratos, azúcares y de productos de panificación, que difícilmente se excluyen de la alimentación diaria (Martínez, 2004).

## **E. Situación de sobrepeso y obesidad en Guatemala**

Según cifras oficiales, en Guatemala, el 51% de las muertes por causas "naturales" están relacionadas con enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer, las que a su vez, en altos niveles, se originan por el sobrepeso y la obesidad (Emisoras Unidas, 2012).

En el año 2005 la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) estimó en 400 millones de adultos, aproximadamente el 7%, los obesos en el mundo, una cifra que casi se duplicará para el 2015. La obesidad es el principal factor de riesgo de morbilidad y mortalidad en personas adultas en todo el mundo. Cabe mencionar, que es más fácil de controlar que otros factores relacionados con diversas enfermedades y la muerte precoz (Soca, 2009).

Los problemas nutricionales más prevalentes en Guatemala son la desnutrición crónica, la anemia por deficiencia de hierro, el sobrepeso y la obesidad; que coexisten, en mayor o menor grado, en familias y grupos de población excluida (Palmieri, 2011).

La obesidad ha alcanzado proporciones epidémicas a nivel mundial, y cada año mueren, como mínimo, 2,6 millones de personas a causa de la obesidad o sobrepeso. Aunque anteriormente se consideraba un problema confinado a los países de altos ingresos, en la actualidad la obesidad también es prevalente en los países de ingresos bajos y medianos (OMS, 2010).

Guatemala se encuentra dentro de los países latinoamericanos con mayor índice de obesidad entre la población mayor de 15 años, según una lista de la consultora Euromonitor, difundida en Santiago, que destaca los 10 países del mundo con más altas tasas de esa enfermedad en 2009. El 38.7 por ciento de los mayores de 15 años es considerado obeso en Estados Unidos, frente al 31.8 por ciento de México, el 29.6 por ciento de Venezuela y el 27.5 por ciento de Guatemala (Política de Guatemala, 2010).

Las perspectivas para el año 2020 apuntan, además, a que seis de los países con mayor obesidad en el mundo serán latinoamericanos: Venezuela, Guatemala, Uruguay, Costa Rica, República Dominicana y México. Cabe mencionar, que Latinoamérica posee también altos niveles de población con sobrepeso que indican que la tendencia a la obesidad continuará (Política de Guatemala, 2010).

**1. Sobrepeso y obesidad infantil.** En el mundo hay más de 42 millones de menores de cinco años, con sobrepeso. La obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más graves del siglo XXI. Los niños con sobrepeso tienen muchas probabilidades de convertirse en adultos obesos y, en comparación con los niños sin sobrepeso, tienen más probabilidades de sufrir a edades más tempranas diabetes y enfermedades cardiovasculares, que a su vez se asocia a un aumento de la probabilidad de muerte prematura y discapacidad (OMS). Estudios realizados en Latinoamérica indican que el sobrepeso y la obesidad infantil son más frecuentes en hogares de estado socioeconómico alto, áreas urbanas y escolaridad materna alta, además los estudios realizados en la Ciudad Capital de Guatemala, han permitido conocer la prevalencia del problema de sobrepeso y obesidad infantil, pues sus resultados indican un 19.4% y 18.5%, respectivamente (Cuc, 2011). En el caso específico de niños y niñas menores a 5 años de edad, la prevalencia de obesidad ya es mayor al 5%, al igual que en República Dominicana y Costa Rica (OMS, 2012).

Algunos estudios muestran que hasta 80% de los adolescentes obesos se convertirán en adultos obesos, y que un tercio de los preescolares, así como la mitad de los escolares obesos, serán adultos obesos y estarán expuestos a un alto riesgo de padecer enfermedades crónicas antes mencionadas (Castro, 2003).

**2. Sobrepeso y obesidad en mujeres.** El siguiente cuadro muestra la prevalencia del exceso de peso (25 - 29,9 kg/m<sup>2</sup>) y de la obesidad (30 o más kg/m<sup>2</sup>) en mujeres de algunos países de América Latina y del Caribe, dentro de los cuales se encuentra Guatemala. Puede apreciarse que, con la excepción de Haití, más de 23% de la población de mujeres entre las edades de 15 y 49 años están en sobrepeso y más de un tercio presenta sobrepeso u obesidad (Peña, 2001).

Cuadro 9: Prevalencia de exceso de peso y de obesidad en mujeres de 15 a 49 años de edad en países de América Latina y el Caribe

País/año	n	IMC <sup>1</sup> /DE <sup>2</sup>	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)
Bolivia/1994	2,347	24.3/3.7	26.2	7.6
Brasil/1996	3,158	24.0/4.3	25.0	9.7

Continuación Cuadro 9: Prevalencia de exceso de peso y de obesidad en mujeres de 15 a 49 años de edad en países de América Latina y el Caribe

País/año	n	IMC <sup>1</sup> /DE <sup>2</sup>	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)
Colombia/1995	3,319	24.5/4.0	31.4	9.2
<b>Guatemala/1995</b>	<b>4,976</b>	<b>24.2/3.9</b>	<b>26.2</b>	<b>8.0</b>
Haití/1994-1995	1,896	21.2/3.4	8.9	2.6
Honduras/1996	885	23.5/4.7	23.8	7.8
Jamaica/1998	442	-	33.2	29.3
México/1987	3,681	23.7/4.3	23.1	10.4
Perú/1996	10,747	25.1/3.6	35.5	9.4
República Dominicana/1996	7,356	24.3/4.9	26.0	12.1

<sup>1</sup>IMC: Índice de masa corporal

<sup>2</sup>DE: Desviación estándar

Fuente: Peña, 2001

Según la OMS, en mujeres del mismo rango de edad (de 15 a 49 años), la tendencia es altamente acelerada, debido a que ha mostrado un aumento anual entre 1.5 y 2 puntos porcentuales. Esto quiere decir que, para el día de hoy, alrededor de 60% de mujeres de Costa Rica, República Dominicana, El Salvador y Nicaragua en el 2007, tenían sobrepeso y alrededor de 50% en Guatemala y Honduras (OMS, 2012).

El panorama es aún peor considerando que las tasas de personas con sobrepeso (no obesas) también se han incrementado mostrando un 9% de variación desde el año 95, manteniéndose relativamente estables desde el año 2005. En total a 2011, el 61,05% de los Latinoamericanos tienen algún grado de sobrepeso, como se puede observar en el siguiente cuadro (De los Reyes, 2012).

Cuadro 10: Porcentajes de algún grado de sobrepeso y obesidad según el IMC

Año 2011	IMC: 25<x<30	IMC: x<30	IMC: x>25
Población mayor a 15	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)	Algún grado de sobrepeso (%)
México	37.3	36.9	74.2
Chile	38.7	33.1	71.8
Venezuela	39.2	32.6	71.8
Bolivia	37.8	31.1	68.9

Continuación Cuadro 10: Porcentajes de algún grado de sobrepeso y obesidad según el IMC

Año 2011	IMC: $25 < x < 30$	IMC: $x < 30$	IMC: $x > 25$
Guatemala	37.9	30.1	68
Uruguay	38.7	29.1	67.8
Rep. Dominicana	37.6	26	63.6
Perú	37.7	25.7	63.4
Colombia	38.8	24.1	62.9
Brasil	32.4	19.7	52.1
Ecuador	36.5	13.8	50.3

Fuente: Según OMS

**3. Sobrepeso y obesidad en hombres.** Generalmente los alimentos se consumen en forma combinada, lo que hace difícil determinar los efectos de ellos separadamente con relación a alguna patología, como lo es en este caso la obesidad. Además, se ha encontrado que los patrones alimentarios varían según el sexo, la raza y el nivel socioeconómico. Estudios realizados muestran que sujetos (hombres entre 40 y 75 años) con un alto consumo de alimentos como carnes rojas, carnes procesadas, grasas, papas fritas, pan y dulces; tienen mayor riesgo de sufrir enfermedades coronarias y cáncer de colon, mostrando que el consumo de alimentos puede predecir significativamente la incidencia de enfermedades coronarias (Palmieri, 2011).

**4. Causas de sobrepeso y obesidad.** La principal causa de obesidad en Guatemala, es la mala nutrición; seguido del consumo de tabaco y alcohol, así como la inactividad física. Se reconoce también los factores no modificables, como los son la genética y el ambiente (OMS, 2012). Mediante un estudio médico, presentado en Guatemala, se encontró que el 41% de los habitantes del país padece de algún grado de obesidad como consecuencia de la mala nutrición a la que están expuestos. El informe, presentado por el Programa de Enfermedades Crónica No Transmisible (ECNT) del Ministerio de Salud, sostiene que el 5% de los niños de hasta 12 años, el 15% de los adolescentes de hasta 21 años, y el 21% de los adultos son víctimas de obesidad, a causa de una mala nutrición (Emisoras Unidas, 2012).

Surge un incremento en la prevalencia del sobrepeso y obesidad en los países en vías de desarrollo, como una enfermedad moderna, por la disponibilidad de alimentos ricos en calorías y grasas, culturalmente influidos por los países industrializados (Balcarcel, 2004). En los últimos 40 años se ha observado un cambio considerable en el patrón alimentario de la mayoría de poblaciones de la región, caracterizado por un aumento en el consumo de alimentos altos en grasa y azúcares refinados, a expensas de una reducción en el consumo de cereales, granos y leguminosas. De acuerdo a las hojas de balance de FAO para Centroamérica, el consumo de energía per cápita ha aumentado en más de 350 kcal/día en los

últimos 40 años. Además, la proporción de energía proveniente de cereales y leguminosas se ha reducido de 55 a 47%, debido a un aumento en el consumo de grasas (18 a 21%) y azúcares simples (16 a 20%) (OMS, 2012).

Dentro de los cambios más relevantes en los patrones alimentarios, se encuentran los siguientes (Peña, 2001):

- Mayor consumo de alimentos de alta densidad energética y bajo contenido de nutrientes.
- Alto consumo de azúcares y carbohidratos refinados.
- Alto consumo de grasas saturadas, ácidos grasos monoinsaturados "trans" y colesterol.
- Alto consumo de bebidas alcohólicas.
- Pobre consumo de vegetales y frutas frescas.
- Aumento del tamaño de las raciones de alimentos, especialmente en restaurantes y "cadenas de alimentos rápidos".

Con respecto a cifras de estudios realizados, se considera de suma importancia que el tema de la seguridad alimentaria y nutricional sea incluido en la agenda de los partidos políticos, y que se garantice el apoyo efectivo en los siguientes gobiernos electos. La naturaleza, magnitud y complejidad de estos problemas, así como la bien conocida trascendencia de sus efectos, hace necesario que esta iniciativa sea incluida en la agenda de desarrollo de Guatemala, por las próximas generaciones (Palmieri, 2011). El médico Eduardo Palacio, del Ministerio de Salud, sostiene la siguiente idea: "Todas esas enfermedades pueden prevenirse con solo tener un mejor control de la nutrición diaria" (Emisoras Unidas, 2012).

## **F. Tendencias mundiales y nacionales al consumo de productos light**

**1. Alimentos funcionales.** Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano, disminuyendo así el riesgo de adquirir ciertas enfermedades. Estos cambios en los patrones de alimentación han generado una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales (Alvídrez, 2002).

Hoy en día, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe; estando concientes que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación. De este modo, se detecta en el mercado alimentario una marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como beneficios para la salud (Alvídrez, 2002).

Los hábitos de una vida “más sana”, de una “alimentación más natural”, se están instalando con mucha fuerza en las familias modernas. El éxito de los alimentos funcionales depende principalmente de un buen equilibrio entre los ingredientes y su aplicación última, ya que un producto “más sano” tiene que ser sabroso y apetitoso para los consumidores, para que el consumo regular del mismo asegure su efecto fisiológico (Pigani, 2001).

**2. Promoción de la salud.** Para controlar la epidemia de obesidad que afecta a todos los estratos sociales de la población, en los países que se han mencionado, donde se incluye Guatemala, la acción clave es prevenir. La prevención no puede depender exclusivamente de pautas dictadas al individuo, como ocurre con frecuencia, sino en crear las oportunidades para que los estilos de vida saludables estén al alcance de toda la población (Peña, 2001). En la lucha contra el sobrepeso y la obesidad, la industria alimentaria ha sido frecuentemente cuestionada por los productos que comercializa y su posible relación con la salud del consumidor. Los productores de alimentos han ido incorporando nuevos ingredientes y elaborando productos novedosos con el objetivo de ayudar a los consumidores a obtener y mantener su peso adecuado. Es así como surgen los denominados “alimentos light”, “bajos en grasa”, “bajos en azúcar”, entre otros (Martínez, 2006). La promoción de la salud es considerada la estrategia de lucha fundamental, procurando abarcar no solo al individuo, sino a todos los componentes de la sociedad; buscando actuar de este modo, en los espacios donde transcurre la vida individual y social; como lo son los restaurantes, supermercados, panaderías, entre otros (Peña, 2001).

**3. Estrategias para la elaboración de productos funcionales.** Dentro de las estrategias para la elaboración de alimentos funcionales para sobrepeso y obesidad, se encuentra la reducción de la densidad energética del alimento, lo cual se logra mediante (Serrano, 2008):

- Disminución del contenido de grasa.
- Sustitución de azúcares simples por edulcorantes sin valor energético.
- Incremento del contenido de fibra.
- Incremento del contenido de agua.

**4. Panadería funcional.** En lo que respecta a los productos de panadería y pastelería, al no ser ajenos a esta corriente, se han ido introduciendo dentro del mercado, permitiendo una mayor diversificación de la oferta. El pan, no solo forma una parte importante de nuestra dieta diaria, sino que además, ocupa un lugar preferente en cualquier dieta preocupada por la salud, al ser apreciado como una fuente de nutrientes básicos (Pigani, 2001).

La panadería funcional, busca productos que no solo alimenten, sino que aporten un valor añadido que estimula la salud del organismo. Es así como el pan corriente, es sustituido cada vez más por un amplio

abanico de panes especiales, tales como panes prebióticos, ecológicos, multivitaminas, entre otros. En relación al problema de la obesidad, las tendencias giran an torno a pan rico en sustancias minerales y fibra, con el fin de proporcionar energía al cuerpo, ayudando a la digestión, y eliminando el colesterol. Con respecto a los panes bajos en azúcar, existe una alta tendencia a los productos de panadería y pastelería para diabéticos, en los cuales se sustituye completamente el azúcar por un edulcorante (Pigani, 2001).

**5. Alimentos bajos en azúcar.** Para combatir la obesidad, la industria alimentaria ha ofrecido, desde hace varias décadas, una amplia variedad de productos denominados “light” que en su inicio se fundamentaban principalmente en la sustitución de carbohidratos simples, por edulcorantes no nutritivos (Serrano, 2008).

Se presentan tendencias muy fuertes relacionadas con los hábitos alimenticios que identifican el azúcar (sacarosa), como un componente no deseable, por sus efectos en la obesidad, además de ser una vía para enfermedades cardiovasculares, diabetes, caries dental, control de glucosa en la sangre, entre otros. Este factor presiona fuertemente a la sustitución de sacarosa por otros edulcorantes que suelen ser preferidos culturalmente por ser light, sanos, dietéticos, estéticos, etc (Castañeda, 2008).

Como se mencionaba anteriormente, en lo que concierne a la tendencia de productos de panificación y pastelería bajos en azúcar, se encuentran los productos para diabéticos, los cuales son libres de sacarosa, la cual es sustituida al 100% por edulcorantes. En su mayoría, como fin principal, estos productos son consumidos por las personas que padecen de diabetes. Sin embargo, su consumo por personas que cuidan de su salud, es bajo.

Dentro de mercado de la alimentos, en Guatemala, se ofrece una amplia variedad de productos sin azúcar, los cuales en su mayoría son endulzados por aspartame y acesulfame K. Estos productos, además de ser aptos para el consumo de diabéticos, son consumidos por gran parte de la población, con el fin de una “alimentación sana”. Un ejemplo de dichos productos puede ser la Pepsi Light, o los yogurts In line de Dos Pinos, endulzados con acesulfame potásico y sucralosa. Esto se ha logrado, ya que la investigación y el desarrollo de nuevos productos pretenden ofrecer al mercado nuevos alimentos frente a la obesidad, en los que se intenta incorporar una mayor variedad de ingredientes que además de disminuir el consumo calórico total e influir en el metabolismo energético, mantengan las características de los alimentos, para que sean agradables al consumidor (Serrano, 2008). De este modo, existe ya una gran variedad de productos, los cuales pueden ser consumidos tanto por personas diabéticas, como por todas aquellas personas que cuidan de su dieta.

Al utilizar sustitos de azúcar, se presenta una disminución de la ingesta total de calorías. En España, para el año 2005, a la sustitución de azúcares simples por edulcorantes no nutritivos, en productos

lácteos, bebidas, pastelería, bollería, entre otros; contribuía con un 68% y 62% del total de la ingesta de azúcares simples y sacarosa, respectivamente en la dieta. Su reemplazo por edulcorantes no nutritivos podría resultar en un déficit de 310 kcal/día aproximadamente (Serrano, 2008).

Sin embargo, a pesar de la variedad de sustitutos de azúcar que existen, no hay una tendencia por parte del mercado de alimentos, en la producción de productos de panadería y pastelería bajos en azúcar, es decir, sin una sustitución al 100% de la misma, sino únicamente un pan dulce light, para el consumo de personas que cuidan su dieta, así como el fin último que sería disminuir el riesgo de la sobrepeso y obesidad.

## IV. JUSTIFICACIÓN

La cultura alimentaria de Guatemala, favorece el consumo de una cantidad excesiva de productos de panificación, que difícilmente se excluyen de la alimentación diaria. Estudios han encontrado que por razones de costumbre y/o necesidad, el tipo de pan que se consume en forma masiva es la magdalena. Esto se relaciona con los cambios más relevantes en los patrones alimentarios que ha habido en los últimos años, dentro de los cuales se encuentra el alto consumo de azúcares y carbohidratos refinados.

La industria de la panificación es identificada como una de las principales fuentes u orígenes muy apetecidos por los excesos calóricos de la población. El pan es un alimento, considerado sinónimo de alimentos, por lo que le impone una presión para investigar nuevas alternativas que permitan obtener un producto reducido en calorías, con similares propiedades nutricionales y sensoriales, así como a un precio final accesible al consumidor.

Actualmente, son pocos los productos de panadería y pastelería, común en la dieta de los guatemaltecos, dirigidos hacia las personas que cuidan de su dieta, y el contenido energético de los alimentos que consumen. Por el momento, no se encuentra información que se le presente al consumidor, con el objetivo que se informe y se consuman dichos productos.

De este modo, en el presente trabajo de investigación, se evaluó la factibilidad de elaborar un producto de panificación; siendo el mismo un pan dulce, popularmente conocido como magdalena, reducido en calorías, por medio del uso de aditivos alimentarios.

Mediante la formulación final establecida, se logró ofrecer al consumidor un pan dulce que presenta las características deseables de un alimento, con azúcar y grasa reducidas aproximadamente en un 80 y 30%, respectivamente. A pesar de que no se logró reducir las calorías totales, se espera que mediante el consumo del mismo, se disminuya el riesgo de padecer sobrepeso y obesidad, contribuyendo a una alimentación sana.

## **V. OBJETIVOS**

### **A. Generales**

1. Elaborar un pan dulce, popularmente conocido como cubilete, reducido en calorías, por medio del uso de aditivos alimentarios.

### **B. Específicos**

1. Determinar la mezcla adecuada de sustitutos, para obtener características similares entre la formulación control y la formulación final, en cuanto a la altura, volumen, color, textura, sabor, entre otras; y compararlas por medio de pruebas físicas y químicas.
2. Llevar a cabo un análisis sensorial, para determinar si existe una diferencia significativa entre la formulación control y la formulación final, además de conocer su aceptabilidad y preferencia.
3. Calcular el costo de la formulación final, para determinar si es un producto rentable.
4. Contribuir a una alimentación saludable, mediante un producto de panificación consumido comúnmente por los guatemaltecos.

## VI. METODOLOGÍA

### A. Observación

La presente tesis es un trabajo de campo donde se desarrolló un producto alimenticio y se analizó su aceptación por el consumidor. Inicialmente, se trabajó con formulaciones establecidas, mediante la información recopilada y una receta básica. Las mismas se elaboraron en pruebas a pequeña escala, en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Los productos obtenidos fueron evaluados por sus características físicas (de forma visual), para luego seleccionar la mejor formulación. Tanto la formulación control, como los productos finales, fueron evaluados por sus características físicas, fisicoquímicas, y químicas, así como su evaluación sensorial por parte de panelistas, para determinar si existe una diferencia significativa, su aceptabilidad y preferencia.

### B. Descripción

**1. Elaboración.** En la elaboración del producto de panadería se tuvo en consideración las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), para garantizar la inocuidad.

#### a. Formulaciones.

Cuadro 11: Formulación control

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	33.71	100.00
Azúcar	19.70	58.44
Leche de polvo	1.75	5.19
Emulsificador	1.75	5.19
Bicarbonato	0.88	2.60
Polvo de hornear	0.70	2.08
Sal	0.18	0.52

Continuación Cuadro 11: Formulación control

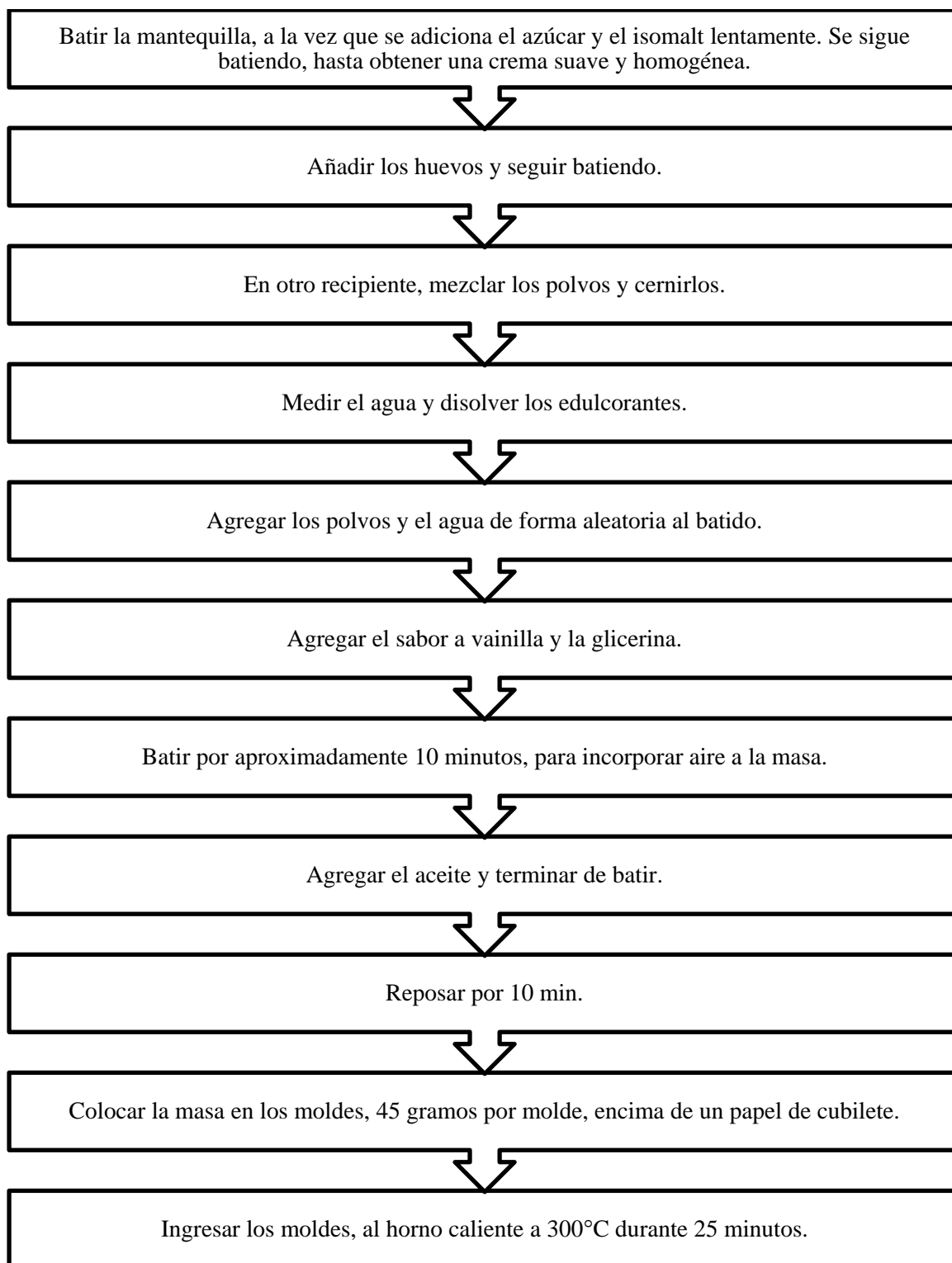
Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Agua	14.89	44.16
Mantequilla	13.13	38.96
Huevos	8.76	25.97
Aceite	4.38	12.99
Sabor a vainilla	0.18	0.52
Total	100.00	296.62

Cuadro 12: Formulación final

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.00	100.00
Mantequilla	9.33	25.91
Leche en polvo	1.75	4.86
Emulsificante	1.12	3.11
Sabor a vainilla	1.12	3.11
Sal	0.19	0.52
Azúcar	3.73	10.36
Polvo de hornear	1.49	4.15
Agua	22.87	63.53
Aceite	1.87	5.18
Huevos	11.19	31.09
Bicarbonato	0.75	2.07
Maltodextrina	0.37	1.04
Polidextrosa	3.00	8.33
Esteviaalpha	0.07	0.19
Estevia CSG	0.04	0.11
Glicerina	0.75	2.07
Isomalt	1.87	5.18
Inulina	2.50	6.94
Total	100.00	277.75

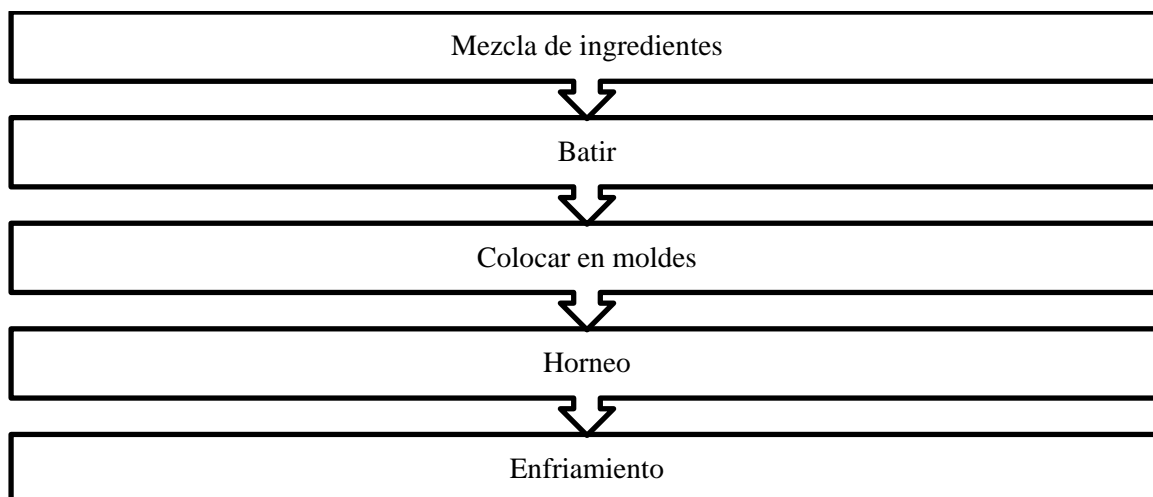
**b. Procedimiento detallado.**

Figura 18: Procedimiento detallado



### c. Diagrama del proceso.

Figura 19: Diagrama del proceso



## 2. Métodos de evaluación.

**a. Métodos físicos.** Las variables que se tomaron en cuenta para las formulaciones evaluadas, fueron las siguientes: dimensiones de altura, volumen, peso y análisis sensorial (de forma visual).

Para la formulación control y la formulación final, se evaluaron las mismas características físicas mencionadas, incluyendo las siguientes: para la masa, la densidad; y para el producto terminado, el color, porosidad, miga suelta, y textura.

Dichas mediciones se realizaron por medio de una balanza, vernier, caja con arena, colorímetro, y texturómetro.

**b. Métodos fisicoquímicos.** Se determinó el pH, mediante una solución de 10 g de muestra en 100 mL de agua, por medio de una licuadora.

### c. Métodos químicos.

Determinación de humedad: balanza de humedad RADWAG

Determinación del porcentaje de proteínas: método AOAC 979.09

Determinación del porcentaje de grasa: método AOAC 963.15

Determinación del porcentaje de cenizas: método AOAC 923.03

Determinación del porcentaje de fibra dietética: método AOAC 985.29, 993.21

Determinación del porcentaje de carbohidratos totales: por diferencia

Determinación y cuantificación de sacarosa: método AOAC 982.14

#### **d. Métodos de evaluación sensorial.**

Cuadro 13: Materiales para las evaluaciones sensoriales

<b>Materiales</b>
Platos desechables
Vasos desechables
Servilletas
Lápices
Boleta de evaluación

**1) Prueba triangular.** Esta prueba se llevó a cabo con la formulación control y final, con el objetivo que identificara si existe una diferencia significativa entre ambas. De este modo, se pidió al evaluador que indicara la formulación que era diferente a la formulación control, para lo cual tenía ambas formulaciones como opción a elegir.

**2) Prueba de aceptabilidad con escala hedónica.** Esta prueba se realizó con la formulación control y final. En la misma, se le pidió al evaluador que respondiera cuánto le gusta o disgusta el producto, de acuerdo con la una escala de 9 puntos; además de indicar cual formulación es de su preferencia.

Dentro de las características que fueron evaluadas, se encuentran las siguientes: apariencia, sabor, textura, olor, color y esponjosidad. De este modo, se pretendía poder medir cuánto agrado o desagrado hay de parte de la población, al nuevo producto desarrollado para ellos.

**3)Prueba de preferencia.** Está prueba se realizó con la formulación control y final, con el objetivo de identificar la muestra de preferencia por parte del consumidor. La misma, se realizó después de la prueba de aceptabilidad con escala hedónica.

## VII. RESULTADOS

### A. Pruebas preliminares

Cuadro 14: Formulaciones de cubilete con distintos porcentaje de azúcar

	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Diferencia sensorial respecto a la formulación control <sup>1</sup>
Formulación control (100% azúcar)	4.70 ± 0.13 <sup>a</sup>	147.80 ± 2.10 <sup>a</sup>	N/A
Formulación 75% azúcar	4.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	140.88 ± 1.47 <sup>a</sup>	No
Formulación 50% azúcar	3.87 ± 0.11 <sup>b</sup>	124.84 ± 2.10 <sup>b</sup>	Sí
Formulación 25% azúcar	3.63 ± 0.04 <sup>b</sup>	120.13 ± 1.68 <sup>b</sup>	Sí

<sup>1</sup>La diferencia sensorial se realizó de forma visual, por parte del estudiante, sin utilizar un panel.

Figura 20: Altura de cubiletes con distintos porcentajes de azúcar

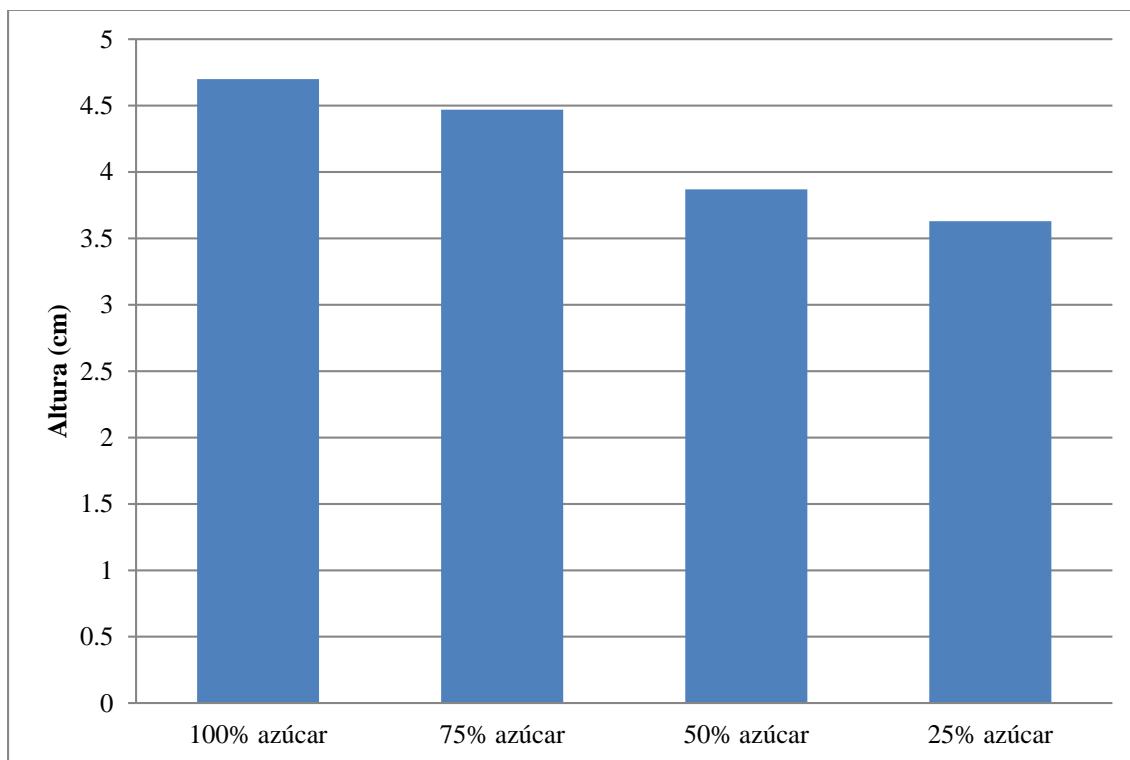
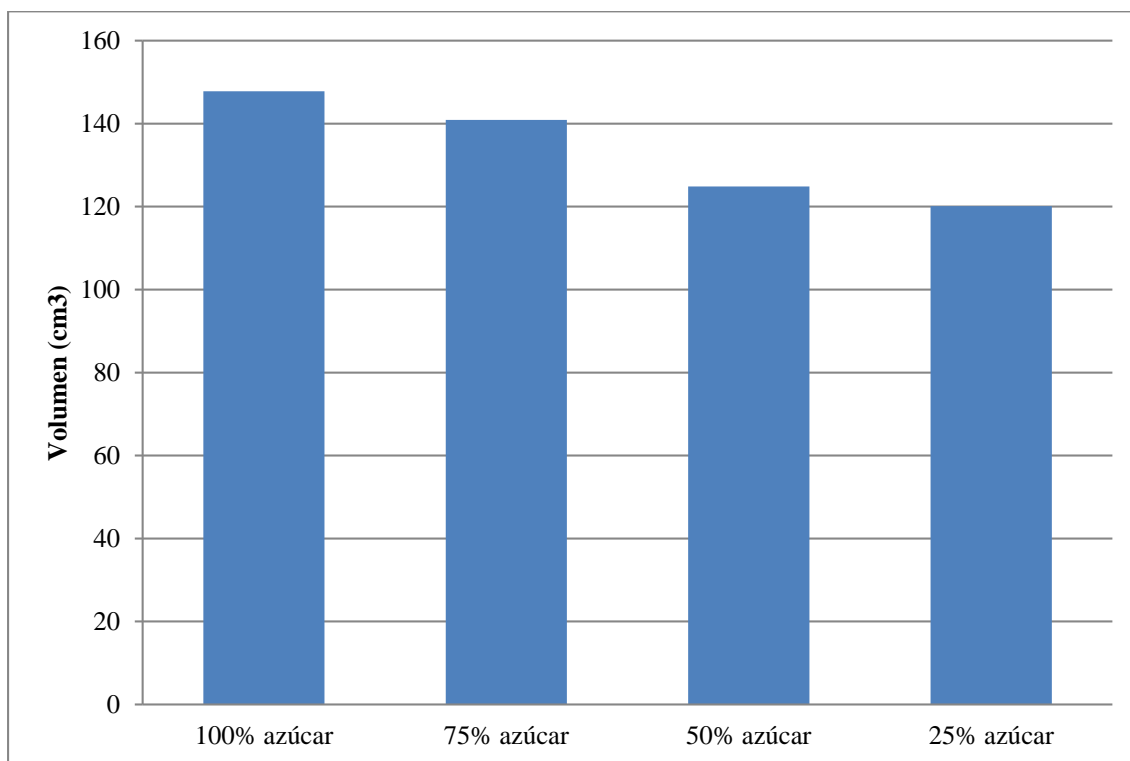


Figura 21: Volumen de cubiletes con distintos porcentajes de azúcar



## B. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final

Cuadro 15: Formulaciones con distintos sustitutos

No.	Formulación	Altura (cm) <sup>1</sup>	Volumen (cm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Peso (g) <sup>1</sup>	Diferencia sensorial respecto a la formulación control <sup>2</sup>
1	Sacarina, aspartame, sucralosa y maltodextrina	1	1	1	Sí
2	Sacarina, aspartame, sucralosa y polidextrosa	1	1	1	Sí

<sup>1</sup>El número 1 representa resultados aceptables y el número 0, resultados rechazados.

<sup>2</sup>La diferencia sensorial se realizó de forma visual, por parte del estudiante, sin utilizar un panel.

Continuación Cuadro 15: Formulaciones con distintos sustitutos

No.	Formulación	Altura (cm) <sup>1</sup>	Volumen (cm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Peso (g) <sup>1</sup>	Diferencia sensorial respecto a la formulación control <sup>2</sup>
1	Sacarina, aspartame, sucralosa y maltodextrina	1	1	1	Sí
2	Sacarina, aspartame, sucralosa y polidextrosa	1	1	1	Sí
3	Sacarina, sucralosa y maltodextrina	1	1	1	Sí
4	Sacarina, sucralosa y polidextrosa	1	1	1	Sí
5	Aspartame, acesulfame y maltodextrina	1	1	1	Sí
6	Aspartame, acesulfame y polidextrosa	1	1	1	Sí
7	Esteviaalpha, estevia CSG y estabilizador CC34153	1	1	1	No
8	Estevia, maltodextrina y polidextrosa	1	1	1	Media
9	Esteviaalpha, estevia CSG, maltodextrina, polidextrosa y glicerina	1	1	1	No
10	Esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa y glicerina	1	1	1	No
11	Esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como fuente de fibra)	0	0	0	Sí
12	Esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como sustituto de grasa)	1	1	1	No
13	Esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina, inulina y goma xanthan	0	0	0	Sí

<sup>1</sup>El número 1 representa resultados aceptables y el número 0, resultados rechazados.

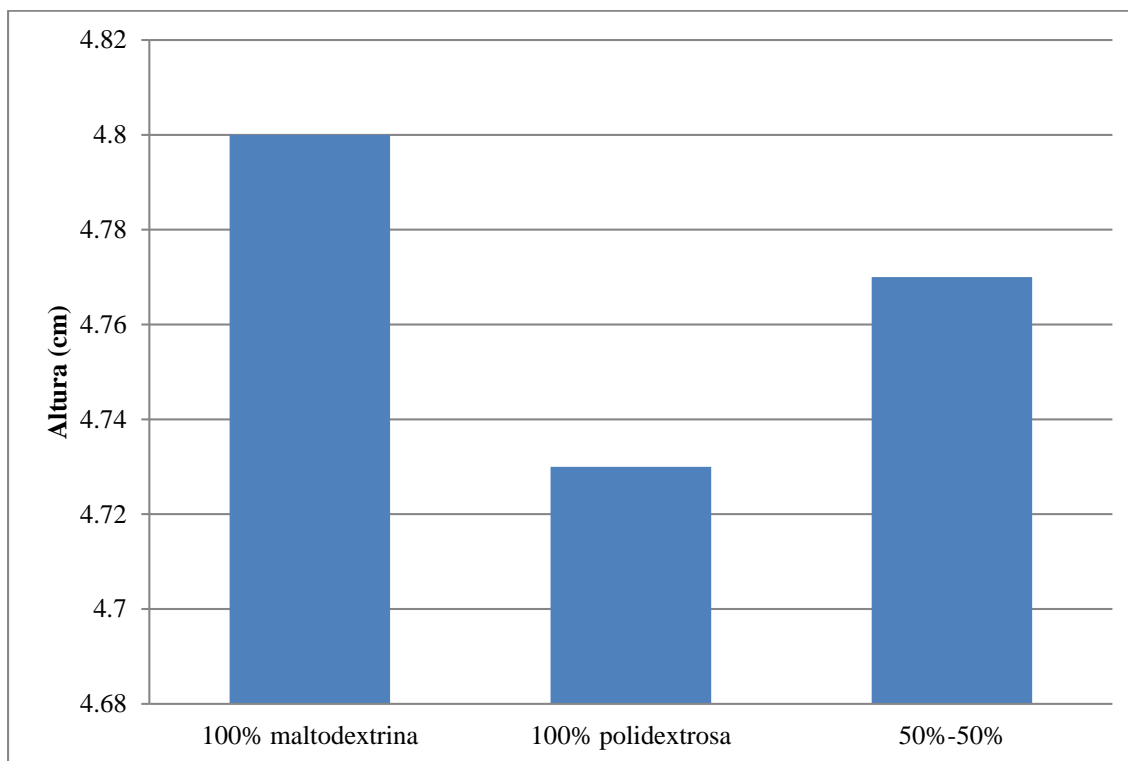
<sup>2</sup>La diferencia sensorial se realizó de forma visual, por parte del estudiante, sin utilizar un panel.

Cuadro 16: Formulaciones con distintas proporciones de agente de llenado

	Altura (cm)	Diferencia sensorial entre las formulaciones <sup>1</sup>
Formulación 100% maltodextrina	4.80 ± 0.07 <sup>a</sup>	No
Formulación 100% povidexrosa	4.73 ± 0.04 <sup>a</sup>	No
Formulación 50% maltodextrina 50% povidexrosa	4.77 ± 0.04 <sup>a</sup>	No

<sup>1</sup>La diferencia sensorial se realizó de forma visual, por parte del estudiante, sin utilizar un panel.

Figura 22: Altura de cubiletes con distintas proporciones de agente de llenado



\*Análisis realizado a la formulación control.

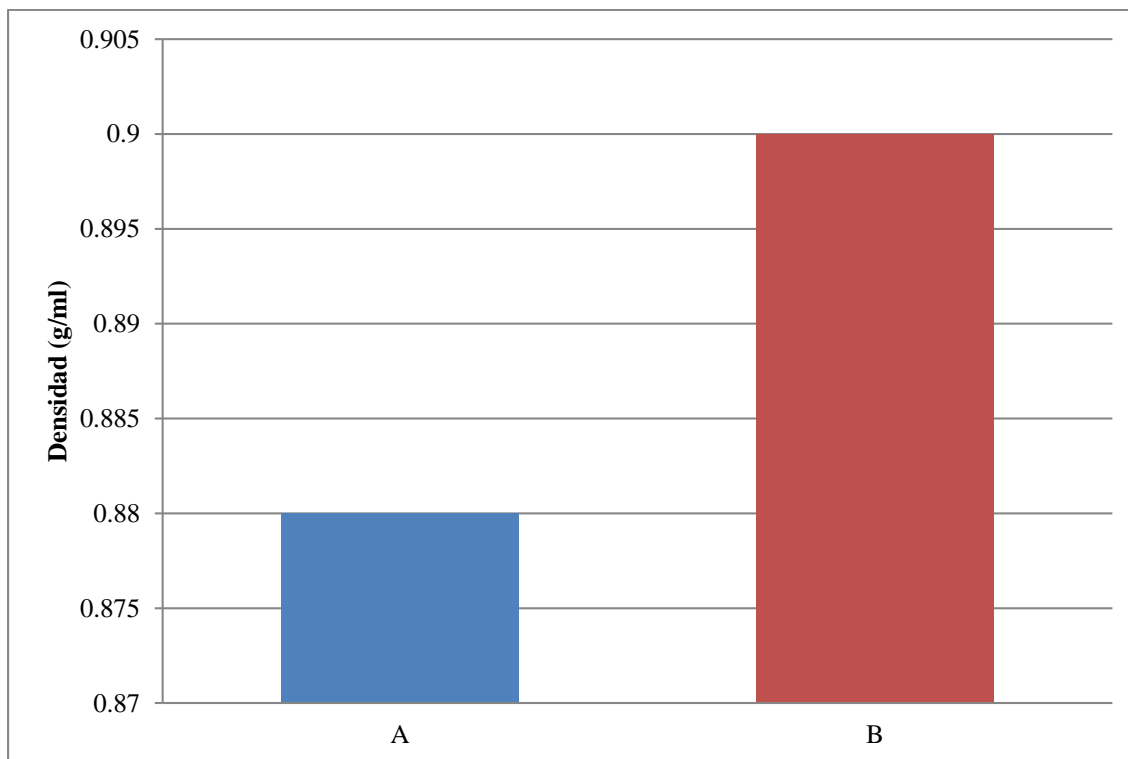
### C. Análisis fisicoquímicos y químicos

Cuadro 17: Análisis fisicoquímico de la masa

	Densidad (g/mL) <sup>1</sup>
Formulación control	0.88 ± 0.02 <sup>a</sup>
Formulación final	0.90 ± 0.01 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones ( $p < 0.05$ ).

Figura 23: Densidad de la masa



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

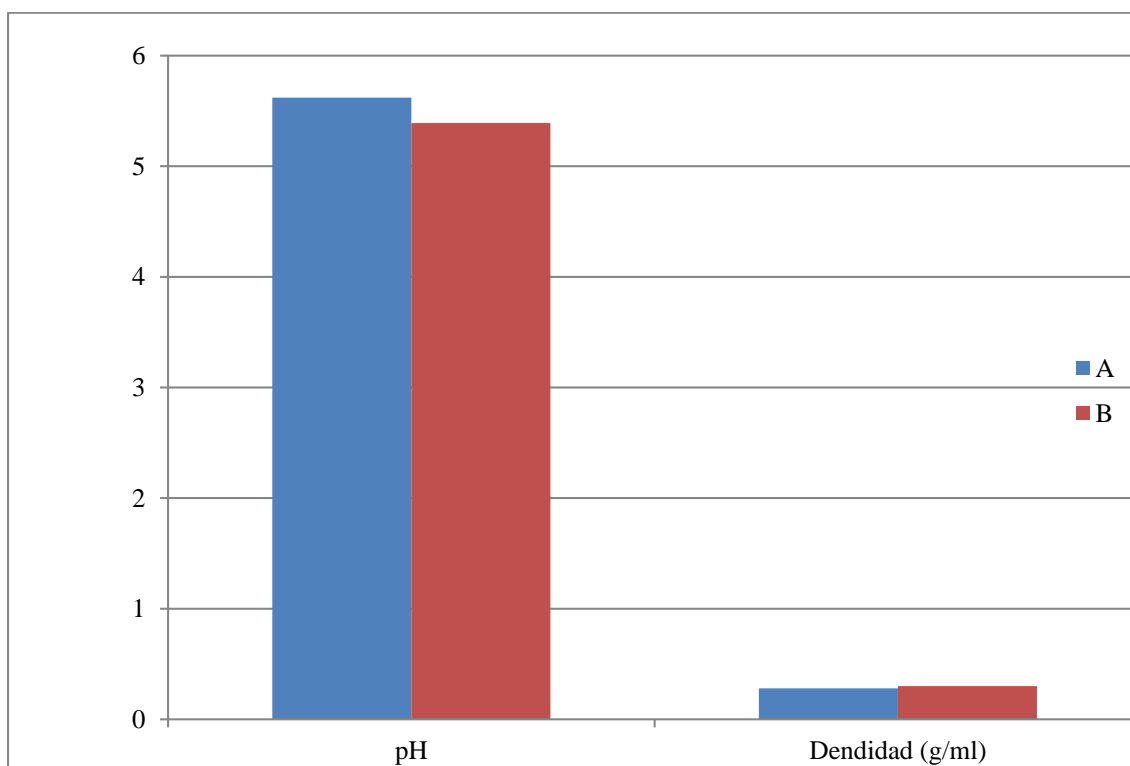
Cuadro 18: Análisis fisicoquímico del cubilete

	pH <sup>1,2</sup>	Densidad (g/mL) <sup>1</sup>
Formulación control	5.62 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>a</sup>
Formulación final	5.39 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.30 ± 0.01 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones (p<0.05).

<sup>2</sup>El valor de pH es de una solución de 10 g de cubilete en 100 ml de agua.

Figura 24: Análisis fisicoquímico del cubilete



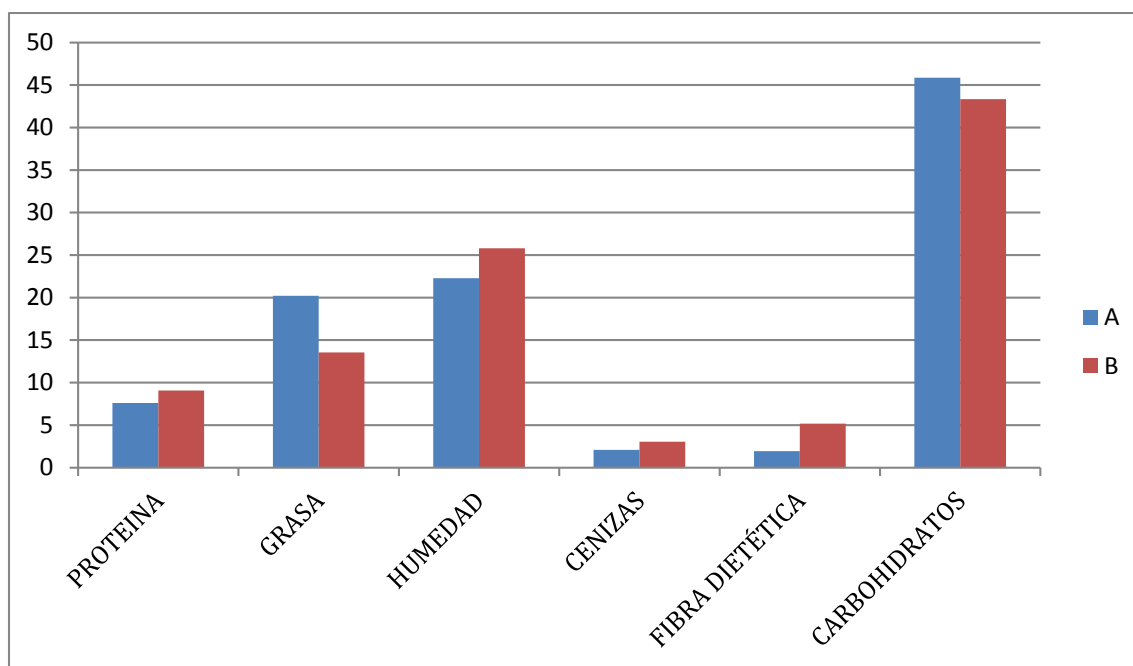
\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 19: Análisis químicos del cubilete

	Formulación control <sup>1</sup>	Formulación final <sup>1</sup>
Proteína (%)	7.60 ± 0.05 <sup>a</sup>	9.08 ± 0.01 <sup>b</sup>
Grasa (%)	20.21 ± 0.72 <sup>a</sup>	13.56 ± 0.18 <sup>b</sup>
Humedad (%)	22.29 ± 0.29 <sup>a</sup>	25.80 ± 0.10 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	2.09 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.04 ± 0.05 <sup>b</sup>
Fibra dietética (%)	1.93 ± 0.22 <sup>a</sup>	5.18 ± 0.15 <sup>b</sup>
Carbohidratos (%)	45.88 ± 0.38 <sup>a</sup>	43.34 ± 0.02 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones (p<0.05).

Figura 25: Análisis químicos del cubilete



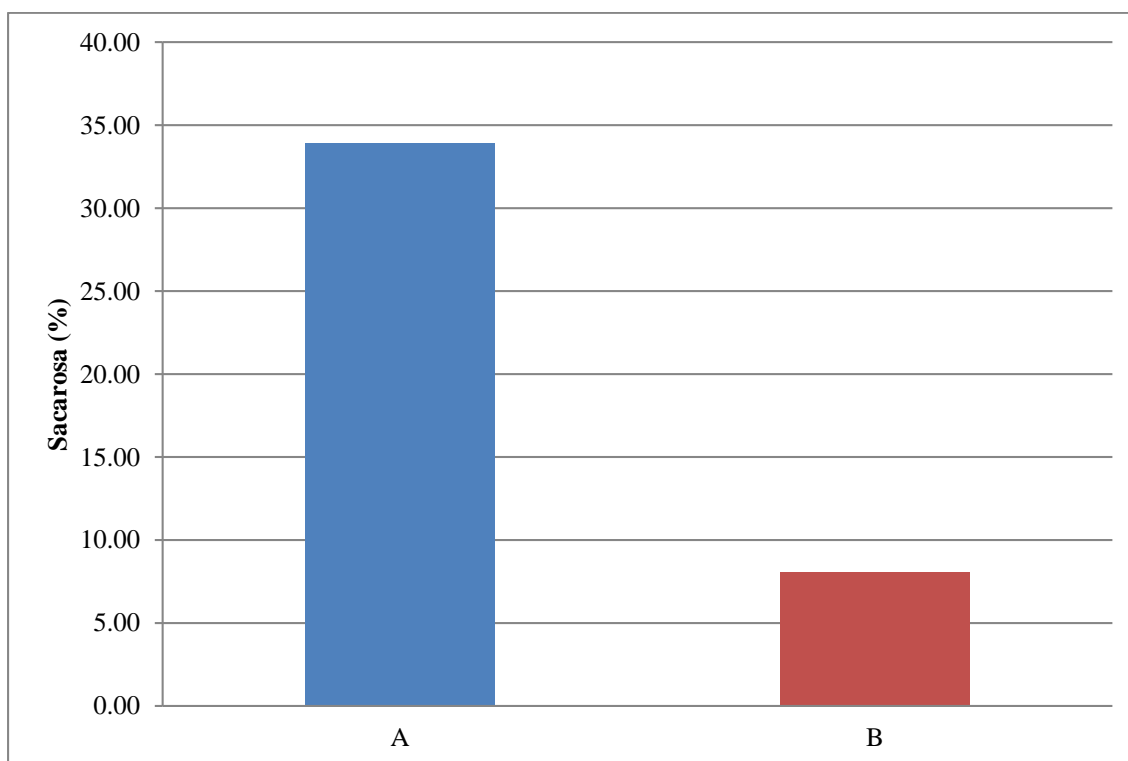
\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 20: Cuantificación de sacarosa por medio de HPLC

	Sacarosa (%) <sup>1</sup>
Formulación control	33.88 ± 0.02 <sup>a</sup>
Formulación final	8.07 ± 0.02 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones ( $p < 0.05$ ).

Figura 26: Cuantificación de sacarosa por medio de HPLC



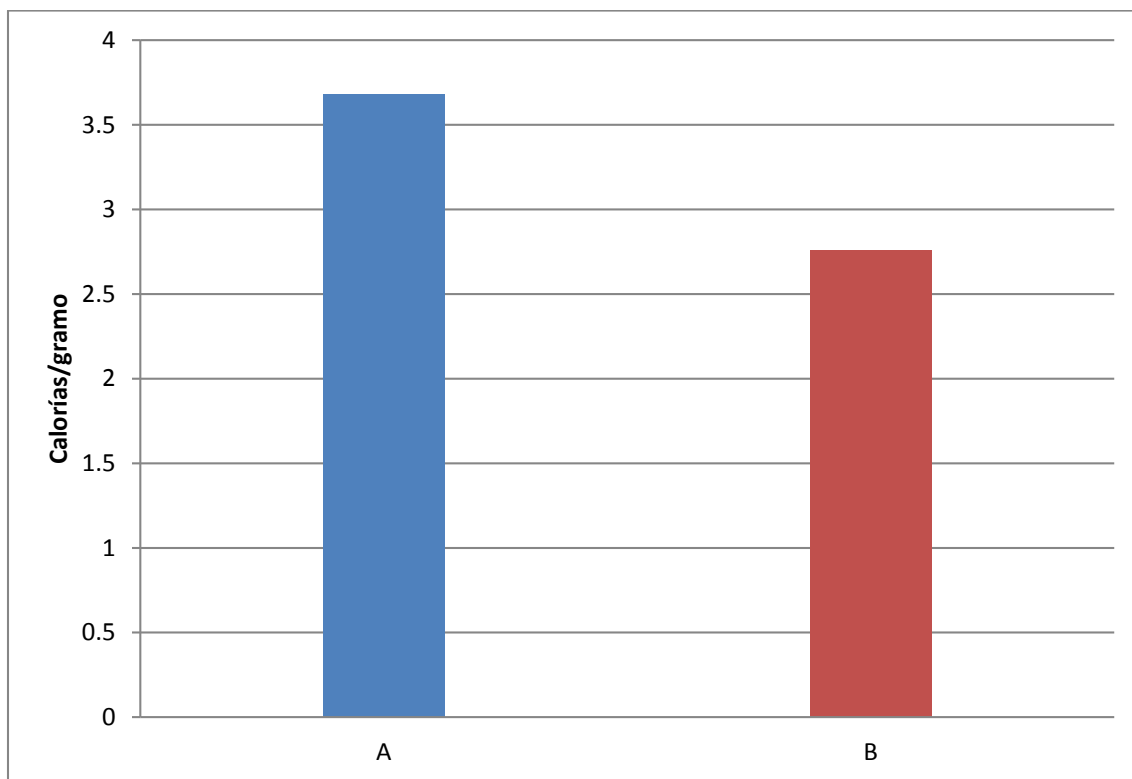
\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 21: Calorías por gramo de cubilete

	Calorías teóricas (cal/g) <sup>1</sup>
Formulación control	3.68 ± 0.01 <sup>a</sup>
Formulación final	2.76 ± 0.01 <sup>b</sup>
Disminución de calorías (%)	25.00 ± 0.60

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones ( $p < 0.05$ ).

Figura 27: Calorías por gramo de cubilete



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

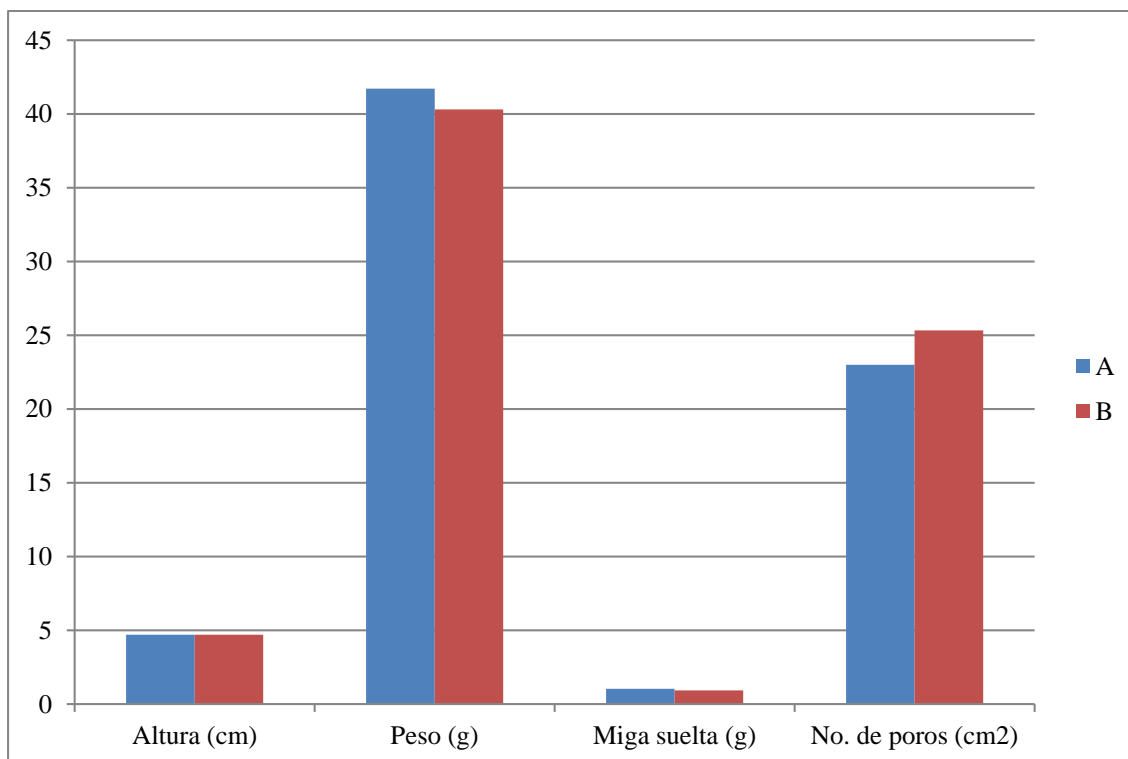
## D. Análisis físicos

Cuadro 22: Análisis físicos del cubilete

	Formulación control <sup>1</sup>	Formulación final <sup>1</sup>
Altura (cm)	4.70 ± 0.13 <sup>a</sup>	4.70 ± 0.07 <sup>a</sup>
Peso (g)	41.72 ± 0.50 <sup>a</sup>	40.31 ± 0.39 <sup>b</sup>
Miga suelta (g)	1.03 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.11 <sup>a</sup>
No. de poros (por cm <sup>2</sup> )	23.00 ± 0.67 <sup>a</sup>	25.33 ± 0.44 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones (p<0.05).

Figura 28: Análisis físicos del cubilete



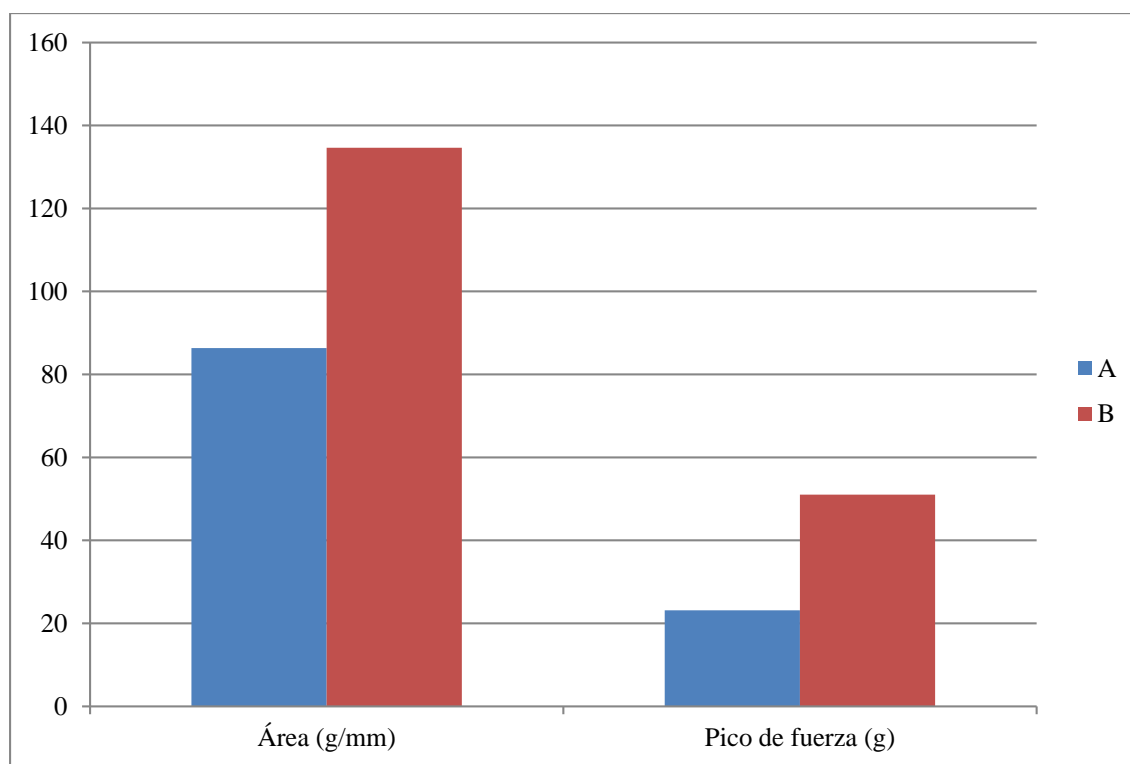
\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 23: Análisis de dureza del cubilete

	Textura <sup>1</sup>	
	Área (g/mm)	Pico de fuerza (g)
Formulación control	86.36 ± 1.29 <sup>a</sup>	23.14 ± 1.89 <sup>a</sup>
Formulación final	134.61 ± 0.95 <sup>b</sup>	51.04 ± 0.62 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones (p<0.05).

Figura 29: Análisis de dureza del cubilete



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 24: Análisis de color del cubilete

	Color interno <sup>1</sup>			Color externo <sup>1</sup>		
	*L	a	b	*L	a	b
Formulación control	78.06 ± 1.17 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.50 <sup>a</sup>	31.65 ± 0.41 <sup>a</sup>	59.43 ± 2.65 <sup>a</sup>	11.12 ± 0.86 <sup>a</sup>	27.37 ± 1.68 <sup>a</sup>
Formulación final	73.77 ± 0.20 <sup>b</sup>	3.28 ± 0.11 <sup>b</sup>	30.27 ± 0.14 <sup>b</sup>	59.59 ± 2.38 <sup>a</sup>	10.78 ± 1.01 <sup>a</sup>	27.63 ± 0.96 <sup>a</sup>

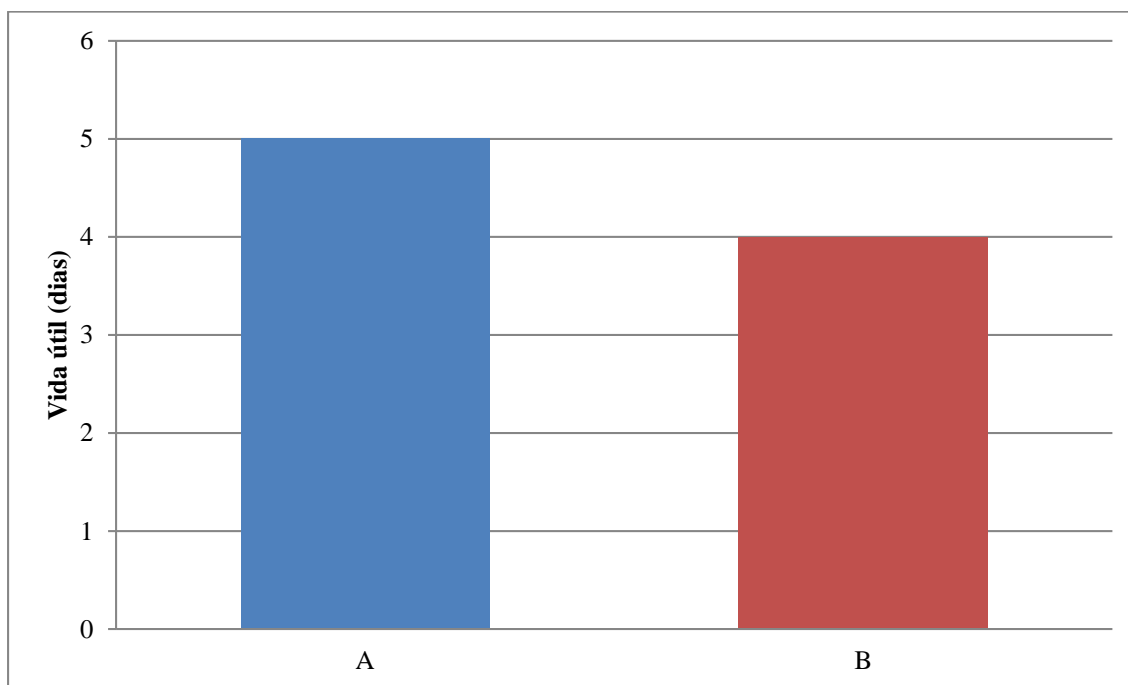
<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones (p<0.05).

## E. Vida de anaquel

Cuadro 25: Determinación de la vida de anaquel del cubilete

	Vida de útil (días)
Formulación control	5
Formulación final	4

Figura 30: Vida de anaquel del cubilete



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

## F. Análisis de costos

Cuadro 26: Costos del cubilete

	Formulación control <sup>1</sup>	Formulación final <sup>1</sup>	Diferencia
Costo para la empresa	Q 2.19	Q 2.61	16.00%

<sup>1</sup>No incluyen el margen de ganancia.

## G. Evaluación sensorial

Cuadro 27: Análisis de significancia de la prueba triangular del cubilete

	Frecuencia	Probabilidad <sup>1</sup>	Diferencia significativa
Formulación control	25	>0.079	No
Formulación final	20	>0.079	No

<sup>1</sup>Probabilidad significativa con  $P < 0.05$  utilizando la prueba binomial de un extremo para  $n=45$  panelistas.

Cuadro 28: Razones de la elección de la muestra diferente en la prueba triangular del cubilete

Comentario	Frecuencia	
	Formulación control	Formulación final
Menos esponjoso	2	7
Color más oscuro	0	8
Menos dulzor	4	5
Menos humedad	3	5
Menos sabor	4	6
Mayor número de poros	2	3

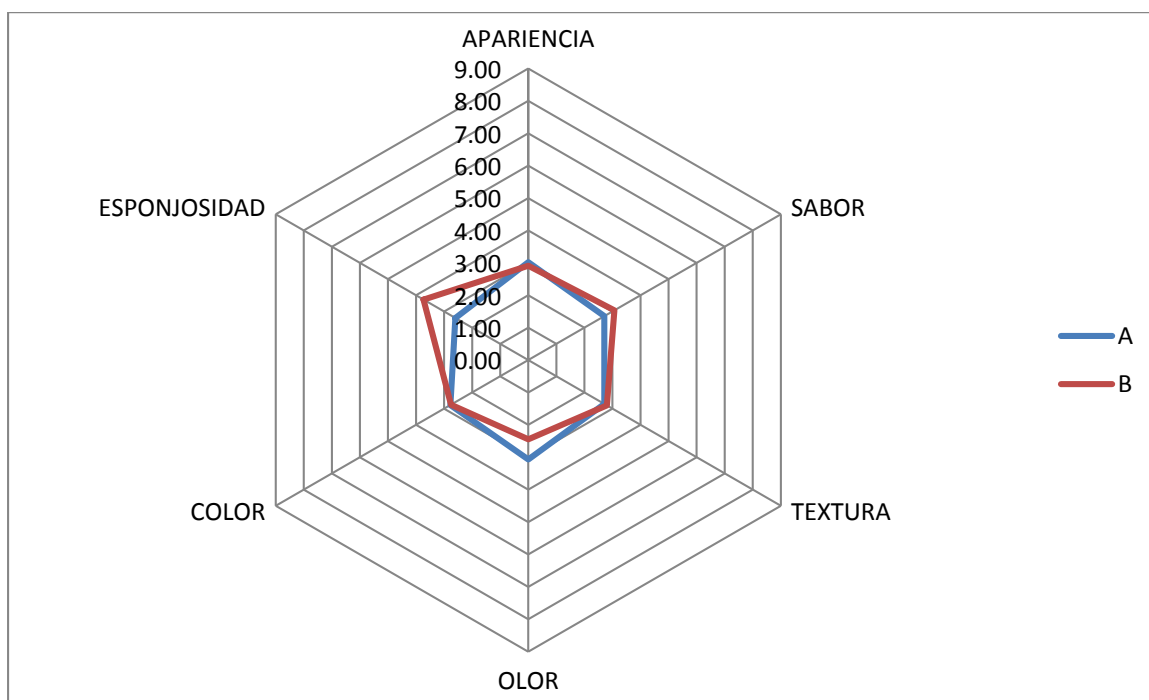
Cuadro 29: Análisis de aceptabilidad del cubilete

	Formulación control <sup>1,2</sup>	Formulación final <sup>1,2</sup>
Apariencia	3.02 ± 1.14 <sup>a</sup>	2.91 ± 0.90 <sup>a</sup>
Sabor	2.71 ± 0.90 <sup>a</sup>	3.07 ± 0.89 <sup>a</sup>
Textura	2.71 ± 0.80 <sup>a</sup>	2.80 ± 0.92 <sup>a</sup>
Olor	3.07 ± 1.06 <sup>a</sup>	2.44 ± 0.87 <sup>b</sup>
Color	2.78 ± 0.98 <sup>a</sup>	2.76 ± 0.79 <sup>a</sup>
Esponjosidad	2.60 ± 1.02 <sup>a</sup>	3.73 ± 1.07 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones ( $p < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Valor máximo 9 y valor mínimo 0.

Figura 31: Perfil de aceptabilidad del cubilete



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

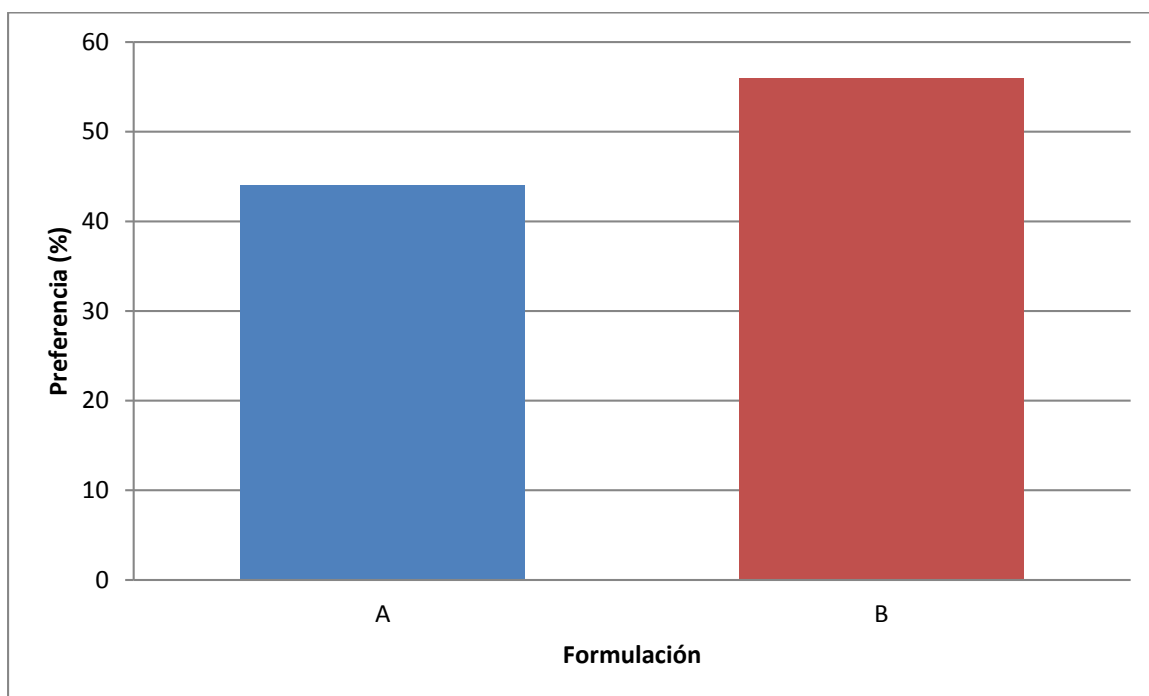
\*\*Valor máximo 9 y valor mínimo 0.

Cuadro 30: Análisis de significancia de la prueba de preferencia del cubilete

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Probabilidad <sup>1</sup>	Diferencia significativa
Formulación control	20	44	>0.551	No
Formulación final	25	56	>0.551	No

<sup>1</sup>Probabilidad significativa con  $P < 0.005$  utilizando la prueba binomial de dos extremos para  $n=45$  panelistas.

Figura 32: Formulación de cubilete preferida por los panelistas



\*La letra A representa la formulación control y la letra B, la formulación final.

Cuadro 31: Razones de preferencia del cubilete

Comentario	Frecuencia	
	Formulación control	Formulación final
Olor más agradable	2	7
Color más oscuro	0	4
Mayor dulzor	4	8
Más esponjosa	6	2
Mejor apariencia	7	6
Más suavidad	2	3

## VIII. DISCUSIÓN

### A. Pruebas preliminares

Con el fin de conocer acerca de la importancia del azúcar en las características, tanto de la masa, como del cubilete, así como establecer un porcentaje de azúcar inicial para el desarrollo del producto, se realizaron formulaciones con 100% (control), 75%, 50% y 25% de azúcar (Cuadro 34). Se evaluó la altura, el volumen y las características sensoriales de los cubiletes (Cuadro 14). En lo que respecta a la altura y el volumen, no se encontró una diferencia significativa en la formulación con 75% de azúcar, en comparación con la formulación control. Ahora bien, en el caso de las formulaciones con 50% y 25% de azúcar, sí se encontró una diferencia significativa, por lo que las pruebas se iniciaron con una formulación con 50% azúcar, para posteriormente observar las características por medio del uso de sustitutos y analizar la posibilidad de lograr disminuir un mayor porcentaje de la misma.

El valor promedio de la altura de la formulación control fue de  $4.70 \pm 0.13$  cm, mientras que de la formulación con un 50% de azúcar fue de  $3.87 \pm 0.11$  cm, mostrando aproximadamente una diferencia del 17.65%. Lo mismo sucedió con el volumen, ya que la formulación control mostró un volumen promedio de  $147.80 \pm 2.10$  cm<sup>3</sup>, mientras que la formulación con 50% azúcar, un volumen de  $124.84 \pm 2.10$  cm<sup>3</sup>. Esto se pudo apreciar con facilidad, ya que el cubilete no lograba crecer lo necesario para utilizar todo el papel de cubilete, en comparación con la formulación control. En estudios realizados se ha demostrado que el volumen de un bizcocho tiene un cambio significativo al utilizar un porcentaje de azúcar menor al 25% en la formulación (Calderón, 1995). En este caso, el azúcar en la formulación control representa aproximadamente el 25% en la masa, lo que representa un 33% en el producto terminado (Cuadro 20), debido a la pérdida de humedad durante el horneado; por lo que una disminución del 50% del azúcar, representa aproximadamente un 15% en el producto terminado, afectando en el volumen del mismo. Esta es una de las razones por las cuales en la formulación 75% de azúcar, no mostró una diferencia significativa, ya que se encontraba cercano al 25% en el producto terminado. Además, se ha demostrado que al disminuir el porcentaje de azúcar en productos de panificación, los atributos afectados que se logran apreciar con mayor facilidad, son la altura y el volumen (Álvarez, 2008). Sin embargo, también se ha demostrado que un elevado porcentaje de azúcar, también afecta los atributos del cubilete, disminuyendo la altura y volumen del mismo.

## **B. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final**

Para establecer el edulcorante a utilizar, se realizaron 8 distintas formulaciones, definidas según la literatura encontrada (Cuadro 15). Al igual que las formulaciones con distintos porcentajes de azúcar, éstas fueron evaluadas por su altura, volumen y las características sensoriales. Todas las formulaciones mostraron una altura y un volumen aceptable, sin embargo diferían en las características sensoriales evaluadas, lo que se explica posteriormente.

La formulación No. 7, fue aceptada por sus características sensoriales, por lo que se decidió el uso de distintas estevias como edulcorante. Las pruebas se realizaron con esteviaalpha, estevia CSG y un estabilizador CC34153. Se intentó realizar una formulación con estevia (formulación No.8), para comparar sus características, pero se encontró una diferencia sensorial media, respecto a la formulación control. De este modo, se decidió seguir con la esteviaalpha y la estevia CSG. Por otro lado, en lo que respecta al estabilizador, se intentó sustituirlo por maltodextrina y polidextrosa, pero tampoco se obtuvieron las mismas características. Los cubiletes mostraban una textura muy seca, y se desmoronaban con facilidad. Lo que sucedía, es que el estabilizador está compuesto por ambos agentes de llenado y un azúcar alcohol, que contribuye a la apariencia húmeda del cubilete, así como a su estabilidad. De este modo se desarrolló la formulación No.9, en la cual se adicionó glicerina, como un agente humectante, con el fin de poder igualar la función del estabilizador, por medio de materias prima. Mediante la glicerina se consigue emulsionar los ingredientes en una mezcla, logrando una estabilidad en el producto terminado (Karimi, 2013). De este modo, la formulación cumplió con todos los parámetros a evaluar, así como con las características sensoriales, ya que no se encontró una diferencia sensorial respecto a la formulación control.

Una vez establecido el edulcorante, se evaluó el uso de maltodextrina y polidextrosa para determinar las proporciones a utilizar. Para esto, se trabajó con una formulación 100% maltodextrina, una 100% polidextrosa, y una 50% maltodextrina con 50% polidextrosa(Cuadro 16). No se encontró una diferencia significativa entre las tres formulaciones, por lo que se determinó la proporción a utilizar, tomando como principal factor las calorías de ambas materias prima, con el objetivo de reemplazar la mayor cantidad de las calorías de la sacarosa. En este caso, la maltodextrina que se utilizó, a pesar de tener un bajo índice glicémico, aporta 3.95 cal/g; mientras que la polidextrosa, solamente 1.00 cal/g. En comparación con el azúcar, que aporta 4 cal/g, la polidextrosa tuvo ventaja sobre la maltodextrina, ya que representa 0.25 calorías respecto a la sacarosa. Esto se debe a la estructura de ambos componentes, ya que la maltodextrina se incluye dentro de las azúcares digeribles, mientras que la polidextrosa es parcialmente digerible, debido a que la mayoría de las polidextrosas pasan por el organismo sin ser absorbidas (Ballabriga, 1998).

El uso de maltodextrina como un sustituto de azúcar es muy frecuente en productos de panificación, ya que es metabolizada de forma rápida y sin presentar molestias digestivas, contribuyendo a la salud de los consumidores. Sin embargo, en este caso, representa una gran cantidad de calorías, por lo que no contribuía a la disminución de calorías del producto en general. Por otro lado, la polidextrosa, además de ser un agente que facilita volumen, también ha sido utilizado para sustituir hasta la mitad de la grasa de un producto, lo cual fue una ventaja para el desarrollo del cubilete (Ballabriga, 1998). Cabe mencionar, que se ha demostrado que ambos agentes de llenado, en combinación con una mezcla de edulcorantes, en la elaboración de pasteles, presentan productos óptimos para el consumo (Savitha, 2008).

En la formulación final, se estableció una proporción de 1:9 (maltodextrina:polidextrosa), lo que representa un 0.37% de maltodextrina y 3.00% de polidextrosa. A pesar de no encontrar diferencia significativa entre el uso de maltodextrina y polidextrosa, se decidió incluir maltodextrina dentro de los sustitutos, ya que es ligeramente dulce, alarga la durabilidad del producto, y dispersa de forma correcta los ingredientes y aditivos. La proporción se definió respecto a las calorías de ambas materias prima.

Seguido de la evaluación de los agentes de llenado, se intentó reducir más el porcentaje de azúcar. Hasta el momento se había realizado todas las formulaciones con un 50% de azúcar, como se mencionó anteriormente. De este modo, se desarrolló la formulación No.10, en la cual se sustituyó 5% con isomalt, sin encontrar diferencias en las características. A su vez se realizaron pruebas de sustitución de más azúcar, mediante el uso de las estevias, hasta que se determinó la reducción de 75% del azúcar por medio de las estevias y un 5% de azúcar por medio del isomalt. El cubilete no mostró diferencia sensorial, por lo que fue aceptada la formulación. Se ha comprobado que el isomalt presenta el mismo dulzor que la sacarosa, por lo que se podría sustituir por la misma, sin mostrar ningún cambio en el producto terminado; sin embargo, representa un elevado costo. Por su parte las estevias mostraron un sabor y olor agradable, sin sensaciones metálicas o amargas.

Seguidamente, se evaluó la adición de inulina como una fuente de fibra. Para esto, el cubilete debía tener 4 gramos de inulina, para que representara el 20% del consumo diario de fibra. De esto modo, se adicionó la inulina, desarrollando la formulación No.11, para la cual los cubiletes no cumplieron con ninguno de los parámetros, y mostraron diferencia sensorial respecto a la formulación control. Los cubiletes obtenidos, mostraban un color muy pálido, una textura seca y poco sabor. Debido a esto, se aumentó el porcentaje de agua, ya que la inulina necesita de la misma para hidratarse; sin embargo, la cantidad de agua que se requería, no permitía que los cubiletes alcanzaran el volumen deseado y la masa no lograba expandirse (Figura 19). De esta forma, la adición de inulina como fuente de fibra fue rechazada.

Para el desarrollo de la formulación No.12, se buscó una reducción de calorías por medio de la disminución del porcentaje de grasa, para lo cual se volvió a utilizar la inulina. En este caso, como el fin de

su uso era distinto, no debía de adicionarse gran cantidad a la formulación, sino solo lo necesario para sustituir la grasa. Al utilizar la inulina como un sustituto de grasa, se debía licuar la misma con agua, para formar un líquido viscoso, y adicinarla a la mezcla. Los resultados obtenidos fueron aceptados, hasta una reducción del 30% de grasa en el producto terminado. Esto contribuyó en gran parte a la disminución de la energía del producto, debido a la alta cantidad de calorías que aportan las fuentes de grasa.

Por último, se intentó reducir el contenido de carbohidratos, mediante la sustitución de harina de trigo, por la adición de goma xanthan (formulación No.13). Según estudios realizados, se puede sustituir hasta 1 taza de harina de trigo por goma xanthan, ya que esta última se utiliza como estabilizador de la masa, debido a que sustituye el efecto aglomerante y espesante del gluten (Wong, 2012). Se realizaron dos pruebas sustituyendo el 5% y 10% de harina de trigo; sin embargo, la masa que se obtuvo era muy líquida, por lo que los cubiletes no alcanzaron la altura y el volumen deseados, ya que la masa no lograba expandirse (Figura 20). Esto puede deberse a que la goma xanthan no brinda la textura esponjosa del almidón, pero si cumple con las funciones del gluten formando la estructura para retener el gas, por lo que debió de haberse aumentado el volumen y luego bajado al momento de no contar con el almidón en su interior.

### **C. Análisis fisicoquímicos y químicos**

Durante el desarrollo de la formulación del cubilete, se tuvo que sustituir el azúcar y la grasa, tanto por sustitutos bajos en calorías, como por los mismos ingredientes dentro de la formulación. Esto es debido a que los sustitutos utilizados no logran igualar el peso del azúcar y la grasa, por lo que hubo que realizar unas variaciones en los demás ingredientes, con el fin de obtener un producto final aceptable. Se realizaron análisis químicos, para determinar el porcentaje de los principales nutrientes, tales como la proteína, grasa, humedad, cenizas, fibra dietética y carbohidratos.

En el caso de la proteína, se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de la misma entre ambas formulaciones. La formulación control mostró un porcentaje del  $7.60 \pm 0.05$  de proteína, mientras que la formulación final,  $9.08 \pm 0.01\%$ , debido a un aumento en la cantidad de huevo. En este caso se decidió aumentar el contenido de huevo dentro de la formulación, ya que no solo aporta aproximadamente 1.4 cal/g, representando menos calorías que el azúcar; sino que a su vez el huevo contribuye a la esponjosidad del producto, debido a la incorporación de aire durante el batido (García, 2007). El batido de huevos, brinda a la masa una textura aireada y liviana, aumentando el volumen, lo que después durante la cocción permite la formación de miga. Además, proporciona nutrientes, sabor y color (Lezcano, 2011).

Por otro lado, en la determinación de grasa, se encontró una diferencia significativa entre ambas formulaciones, mostrándose la formulación final con aproximadamente un 30% menos de grasa en comparación con la formulación control. Según el RTCA 67.04.60:10, debido a que contiene más de un 25% menos de grasa por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto a la referencia, el cubilete desarrollado se puede identificar como un producto “ligero”, “liviano”, “reducido en grasa”, “con menos grasa”, o “light”. De este modo, la formulación control mostró un porcentaje del  $20.21 \pm 0.72\%$  de grasa, mientras que la formulación final,  $13.56 \pm 0.18\%$ , debido a una disminución en la cantidad de mantequilla y aceite. Esto influyó en los resultados de los análisis sensoriales, ya que los panelistas encontraron la formulación final un poco seca, en comparación con la formulación control; sin embargo, no se encontró una diferencia significativa al respecto.

En estudios realizados se ha demostrado que el volumen, la firmeza, y otras variables de un bizcocho tienen un cambio significativo al utilizar un porcentaje de grasa menor al 27% en la formulación (Calderón, 1995). En este caso, la grasa en la formulación control representa aproximadamente el 17% en la masa, lo que representa un 20% en el producto terminado (Cuadro 19), por lo que una disminución del 30% de grasa, representa aproximadamente un 13% en el producto terminado, afectando en las características del mismo. Lo que sucede al disminuir el porcentaje de grasa, es que las burbujas de aire que se forman durante el mezclado, son insuficiente para generar una diferencia sobre el volumen. Se ha comprobado, que altas concentraciones de grasa ayudan a la palatabilidad, dando como resultado un producto suave, blando, y menos áspero (Calderón, 1995).

Como sustituto de grasa, se utilizó la inulina, la cual se licuó con agua en una proporción de 1:5 (inulina:agua), para formar un líquido viscoso, antes de ser incorporado a la masa. La inulina sustituye a las grasas de cualquier alimento, brindándole una textura cremosa al producto. Se ha comprobado que también puede llegar a sustituir hasta un 1% de la harina de trigo; sin embargo, en este caso solamente se utilizó como un sustituto de grasa (Martínez, 2013). Se decidió adicionar este sustituto a la formulación, ya que al ser clasificado como un carbohidrato no digerible, y estar constituido por 99% de fibra, se comporta como una fibra dietética, aportando un valor calórico reducido de 1.4 cal/g. Al realizar una comparación de calorías con la grasa sustituida, se puede observar que sí existe una gran diferencia, en comparación con las calorías de la inulina. En la formulación final establecida, la mantequilla aporta 7.4 cal/g y el aceite 9 cal/g, disminuyendo aproximadamente 0.5 calorías por gramo de producto terminado, respecto al 30% que se redujo en grasa.

Seguidamente, los resultados de la humedad, también mostraron una diferencia significativa entre la formulación final y la formulación control. El porcentaje de agua de la formulación control en la masa fue aproximadamente del 15%, obteniéndose un porcentaje de humedad del  $22.29 \pm 0.29\%$  (Cuadro 19) en el producto terminado; mientras que el porcentaje de agua en la formulación final en la masa fue

aproximadamente del 23%, obteniéndose un porcentaje de humedad del  $25.80 \pm 0.10\%$  en el producto terminado. De este modo, el porcentaje de agua en la formulación final aumento en un 35% en la masa, representando un 14% en el producto terminado, respecto a la formulación control. Parte del aumento del agua, se logró transformar durante las mismas condiciones de horneado, disminuyendo la diferencia del porcentaje de agua en el producto terminado, en comparación con el de la masa. Esta diferencia se logra apreciar con mayor claridad al observar el peso del producto horneado, ya que los cubiletos de la formulación final mostraron un peso promedio de  $41.72 \pm 0.50$  gramos luego del horneado, mientras que los cubiletos de la formulación control,  $40.31 \pm 0.39$  gramos (Cuadro 22). Como se puede observar al realizar una comparación entre las formulaciones, gran parte de la sustitución de azúcar y grasa, fue con agua. Sin embargo, aproximadamente la mitad del agua, fue utilizada para la inulina, como se mencionó anteriormente, por lo que no se vio influida la densidad de la masa, ni sus características en general.

Tanto en las cenizas como en la fibra dietética, se encontró una diferencia significativa, entre el contenido de ambas formulaciones, mostrando la formulación final un mayor porcentaje, en comparación con la formulación control. La determinación de cenizas indica el porcentaje de minerales que contiene la formulación, sin especificar la cantidad de cada uno de los mismos. De este modo, en el caso de las cenizas, la diferencia pudo deberse al aumento en la cantidad de harina dentro de la formulación, así como la cantidad de sal y bicarbonato de sodio. Estos ingredientes contienen sales, vitaminas y minerales dentro su composición. En el caso de la harina, por ejemplo, la misma es considerada una gran fuente de potasio, magnesio y calcio, así como de ácido fólico y otras vitaminas. Sin embargo, este aumento no afecta las características del producto, ni las calorías de forma significativa, por lo que su diferencia no se considera relevante dentro de los resultados.

Por otro lado, en el caso de la fibra dietética, la diferencia se debe a la incorporación de la inulina como sustituto de grasa en la formulación. Como se mencionaba anteriormente, la inulina por su clasificación, se comporta como una fibra. De este modo, el porcentaje de fibra dietética de la formulación control en la masa fue aproximadamente del 1.5% (tomando como referencia el porcentaje de fibra que normalmente contiene la harina), obteniéndose un porcentaje del  $1.93 \pm 0.22\%$  (Cuadro 19) en el producto terminado; mientras que el porcentaje de fibra dietética en la formulación final en la masa fue aproximadamente del 3.25% (tomando en cuenta la inulina), obteniéndose un porcentaje del  $5.18 \pm 0.15\%$  en el producto terminado.

Ahora bien, en lo que respecta a los carbohidratos, no se realizó un análisis específico para su determinación, sino que los porcentajes fueron obtenidos por medio de una resta de los demás nutrientes que se han analizado: proteína, grasa, humedad, cenizas y fibra dietética. Al observar el porcentaje de azúcar en ambas formulaciones, se esperaba obtener una reducción de carbohidratos totales en la formulación final, en comparación con la formulación control. Esto debido a que el porcentaje de azúcar en

la masa de la formulación control fue del 20%, y en el producto terminado del  $33.88 \pm 0.02\%$  (Tabla No.); mientras que el porcentaje de azúcar en la masa de la formulación final fue aproximadamente del 3.7%, y en el producto terminado del  $8.07 \pm 0.02\%$ . Esto quiere decir que en la formulación control el azúcar representaba alrededor de un 75% de los carbohidratos totales, mientras que en la formulación final, aproximadamente un 20%. Sin embargo, el valor del porcentaje de carbohidratos en la formulación final, se debe tanto al aumento en el porcentaje de la harina y el polvo de hornear, así como a los sustitutos utilizados. Al ser determinados por medio de una resta, se incluyen dentro del porcentaje de carbohidratos, los agentes de llenado, el isomalt, entre otros. La ventaja, es que los sustitutos utilizados no aportan las mismas calorías que el azúcar, por lo que además de tener una diferencia significativa en el porcentaje de los carbohidratos, también se tiene una diferencia significativa respecto a las calorías.

Con el fin de comprobar que el porcentaje de carbohidratos totales sí disminuyó con respecto a su contenido de azúcar, se cuantificó la sacarosa por medio de un análisis de HPLC. Para el mismo, se realizó una curva estándar de soluciones de sacarosa, para determinar la concentración de la misma en ambas formulaciones y poder cuantificarla (Gráfica 9). Como se mencionó anteriormente, el porcentaje de sacarosa en el producto terminado de la formulación control fue del  $33.88 \pm 0.02\%$  (Cuadro 20), mientras que para la formulación final, fue del  $8.07 \pm 0.02\%$ . De este modo, hubo una reducción de azúcar de aproximadamente un 75 a 80%. Según el RTCA 67.04.60:10, debido a que se redujo más de un 25% de azúcar por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto a la referencia, el cubilete desarrollado, al igual que con el porcentaje de grasa, se puede identificar como un producto “ligero”, “liviano”, “reducido en azúcar”, “con menos azúcar”, o “light”.

Como se puede observar en el Cuadro 21, teóricamente se redujeron en un  $25.00 \pm 0.60\%$  las calorías totales del cubilete de la formulación final, respecto a la formulación control. De este modo, según el RTCA 67.04.60:10, el cubilete sí puede ser etiquetado como “reducido en calorías”, debido a que cumple con contener un 25% menos calorías, en comparación con el control. De igual forma, se considera como un producto de panificación saludable para el consumidor, debido a la mezcla de sustitutos adicionados. Además, como se mencionó anteriormente, puede ser etiquetado específicamente como “reducido en azúcar”, así como también “reducido en grasa”.

#### **D. Análisis físicos**

Dentro de los análisis físicos realizados al cubilete como producto terminado, se incluyó la altura, el peso, la miga suelta, el número de poros o burbujas de aire, la textura (dureza) y el color (Cuadro 24). Tanto en la altura, como en la miga suelta, no hubo una diferencia significativa entre la formulación control y la formulación final. La altura se logró alcanzar por medio de los agentes bulking utilizados, los cuales fueron la maltodextrina y povidona, como se mencionó con anterioridad. Estos agentes facilitan el

volumen durante el proceso de horneado, permitiendo que la masa se expanda, sustituyendo las funciones del azúcar y de la grasa. Su principal mecanismo de acción se presenta por medio de su contribución a atrapar el agua que queda libre, por la falta de sacarosa. De este modo, logran hacer que la masa se expanda y no permanezca apelmazada por la cantidad de agua libre que no puede atrapar un edulcorante. En general, los mismos se refieren al uso de un ingrediente para “llenar espacio” (Savitha, 2008).

Para determinar la miga suelta del cubilete, se partió el mismo por la mitad y se frotó 3 veces seguidas entre las mitades (Figura 25). Las migas se recogieron en un papel colocado sobre una balanza, para obtener su peso. A pesar de que la cantidad de miga suelta en peso no mostró diferencia significativa, sí se encontró una diferencia sensorial de la misma (Cuadro 22). La miga de la formulación final se mostró más seca y fina, en comparación con la miga de la formulación control que se mostró más grande y de buena textura. Esto se relaciona con la reducción de grasa, ya que a pesar de que la formulación final mostró un mayor porcentaje de agua en los análisis químicos, no quiere decir que el pan es más esponjoso o de buena textura, debido a que estas características son proporcionadas por la grasa. Tanto el color, como la miga del pan, son características que tienen gran importancia en la evaluación de los productos de panificación.

En lo que respecta al peso y el número de poros, sí se encontró una diferencia significativa entre la formulación control y la formulación final. El peso de los cubiletes se ve influenciado por el porcentaje de agua dentro de la formulación. Como se mencionó anteriormente en los análisis químicos de humedad, a pesar de que la formulación final contenía un mayor porcentaje de agua en la masa, parte del agua se logró transformar durante las condiciones del horneado, disminuyendo la diferencia del porcentaje de agua en el producto terminado. Esta transformación del agua, influye de forma directa en el peso del producto terminado, ya que es pérdida de peso de la masa inicial.

Por otro lado, el número de poros se debe a la densidad del cubilete. Como se logra apreciar en el Cuadro 22, la formulación final mostró una mayor densidad; además, se puede observar en el análisis de los poros (Figura 24) que la masa de la formulación final está más densa que en la formulación control.

Para analizar la textura, se determinó el área bajo la curva de la fuerza necesaria, para penetrar cierta distancia en las muestras. Como se puede observar en el Cuadro 23, hubo diferencia significativa tanto para el área bajo la curva, como para el pico de fuerza más alto. Este último, se refiere a la fuerza máxima necesaria para penetrar en los cubiletes. En ambos análisis, la diferencia se encuentra aproximadamente en un 100%, mostrándose valores menores en la formulación control. En el caso del área, la formulación control mostró un valor de  $86.36 \pm 1.29$  g/mm, mientras que la formulación final,  $134.61 \pm 0.95$  g/mm. Esto se relaciona con el pico de fuerza, el cual fue de  $23.14 \pm 1.89$  g para la formulación

control, y de  $51.04 \pm 0.62$  para la formulación final. Esta diferencia puede deberse a la reducción de grasa en la formulación final, y se relaciona con las características evaluadas en los análisis sensoriales.

Por último, se puede observar el análisis de color de los cubiletes, los cuales se analizaron tanto por la parte interior del cubilete, así como en la parte externa (Cuadro 24). En el caso del color interno, sí se encontró una diferencia significativa, mientras que en el caso del color externo, no. El valor de luminosidad en el color interno de la formulación final ( $73.77 \pm 0.20$ ), indica que el cubilete era más claro, en comparación con la formulación control ( $78.06 \pm 1.17$ ). Los valores de “a” y “b”, indican que el color se encuentra en el primer cuarto de las coordenadas con ambos valores positivos (Figura No.), encontrándose entre amarillo y rojo.

## **E. Vida de anaquel**

Para determinar la vida de anaquel, se colocaron los cubiletes en un empaque de polietileno, permaneciendo a temperatura ambiente. Todos los días se analizaron de forma externa, apuntando los cambios en sus características físicas de forma general. Se decidió utilizar esta metodología, debido a la corta vida de anaquel que presentan los productos de panificación, más aún si no se utiliza un preservante dentro de la formulación, como fue el caso de los cubiletes.

Como se puede observar en el Cuadro 25, la formulación control mostró una vida útil de 5 días, mientras que la formulación, 4 días, representando un 20% menos. En el caso de la formulación control, se empezaron a formar unas manchas oscuras en la corteza del cubilete, así como un ablandamiento de la misma; mientras que en la formulación final, se logró observar presencia de moho, por medio de puntos grises claros en la corteza.

Uno de los factores que pudo haber influido, fue la diferencia en la humedad del cubilete, ya que la formulación final mostró una menor vida de anaquel, en comparación con la formulación control, a las mismas condiciones de almacenamiento (temperatura ambiente). Se ha comprobado que existe una relación inversa entre el contenido de humedad y la velocidad de envejecimiento. La miga del cubilete al salir del horno tiene una actividad de agua superior a la de la corteza; esta diferencia provoca que el agua que se encuentra en el interior del cubilete se desplace a la superficie. En relación a la humedad, la miga de la formulación final, transfirió mayor cantidad de agua a la superficie, provocando un envejecimiento del cubilete con mayor rapidez. La transferencia de humedad de un constituyente de la miga a otro, es generalmente aceptada como un factor que contribuye al envejecimiento, acortando la vida de anaquel (Luna, 2011). Cabe mencionar que se encontró que la velocidad de retrogradación del almidón en el pan, es directamente proporcional al contenido de humedad.

Por otro lado, se tiene la creencia de que los sustitutos de azúcar tienen una mayor vida de anaquel, al considerarse “artificiales”; sin embargo, se ha comprobado que los edulcorantes, dentro de los cuales se encuentra la estevia, en comparación con el uso de azúcar, no alargan la vida de anaquel de magdalena en forma de cubiletes. Cabe mencionar, que tampoco se ha encontrado una diferencia significativa al respecto (Neal, 2011).

## **F. Análisis de costos**

El precio de materia prima y material de empaque para la formulación control y la formulación final, fueron de Q 1.42 y Q 1.69, respectivamente (Cuadro 48). Sobre estos precios se calculó la mano de obra (34% de costo directo del producto), gastos fijos (6.7% de costo directo de producto), y gastos variables (13.6% de costo directo del producto). Dentro de los gastos fijos, se incluyó todos los factores relacionados con la seguridad, control de plagas, impuestos, aire acondicionado, fianzas, control de plagas, entre otros; mientras que en los gastos variables, el mantenimiento, servicios como el agua y la electricidad, combustibles, suministros de limpieza y supervisión. Sumando todos los porcentajes se obtuvo un precio de Q 2.19 para la formulación control y de Q 2.61 para la formulación final; mostrando la formulación final un aumento del 16% respecto a la formulación control. Sobre este precio, se podría definir el precio de venta, según la decisión que tome la empresa.

Junto con la determinación y análisis de costo, se realizó un análisis de competencia. Para esto, se adquirieron cubiletes de 3 distintas panaderías: una panadería de barrio, *Isopan*, y *Café Gitane*. No se encontró una competencia directa en ninguna de las panaderías, por lo que se concluye que no existe una competencia para el cubilete elaborado. A pesar de esto, se analizó la relación entre peso y costo de los cubiletes adquiridos, para realizar una comparación con la formulación control y determinar la posición de la formulación final. En el caso del cubilete de la panadería de barrio, el costo se mostró en ventaja, ya que el consumidor lo puede adquirir por un valor de Q 1.50. Además, el cubilete muestra un peso de 80 g aproximadamente, lo que se considera como un cubilete de tamaño mediano. Tanto en precio, como en peso y tamaño, el cubilete de barrio se presenta en ventaja en comparación con el cubilete de la formulación control; sin embargo, era pan dulce de manteca, por lo que no se puede comparar de forma directa. Seguidamente, el cubilete de *Isopan*, con un valor de venta de Q 2.25, presentó un peso de aproximadamente 45 g, clasificándose como un cubilete de tamaño pequeño. Este cubilete presenta las mismas características que la formulación control, por lo que sí puede considerarse como una competencia directa. Cabe mencionar que presenta un peso muy similar a los cubiletes elaborados. Por último, se encuentra el cubilete de *Café Gitane*, a un precio de Q 9.00, y un peso de aproximadamente 80 g, clasificándose como cubilete de tamaño mediano. El mismo, al igual que el cubilete de *Isopan*, puede considerarse como competencia directa, presentando un precio similar si presentara el mismo peso.

Luego del análisis realizado, se puede concluir que teniendo 100% de ganancia sobre la formulación control, los cubiletes se verían en desventaja con *Isopan*, pero no con *Gitane*, por lo que se encontrarían en un punto intermedio de la competencia. Debido a la diferencia en precio entre la formulación control y la formulación final (16%), el cubilete reducido en calorías podría posicionarse dentro del mercado sin ninguna inconveniencia. A su vez, debido al mercado que va dirigido, la diferencia entre precios sería aceptada por las personas, al conocer los beneficios de su consumo. Esto último se justifica con los resultados de los análisis sensoriales realizados, los cuales se discuten a continuación.

## **G. Evaluación sensorial**

Desde las pruebas preliminares, hasta la formulación final, se trabajó con análisis sensorial, tanto de la masa, como del cubilete (producto terminado). Para las pruebas preliminares se realizó un análisis sensorial por parte del estudiante que realizó las formulaciones, evaluando características físicas, tomando en cuenta principalmente el color, la altura, la esponjosidad, el olor, y el sabor. Dentro de los resultados, se presenta únicamente si hubo o no una diferencia sensorial respecto a la formulación control, para el caso del formulaciones con distintos porcentajes de azúcar (Cuadro 14) y las formulaciones con distintos sustitutos (Cuadro 15); o entre ellas mismas, para el caso de la evaluación de los agente de llenado(Cuadro 16). En lo que respecta a las formulaciones preliminares con distintos porcentajes de azúcar, se puede observar que la formulación con un 75% de azúcar, mantuvo sus características sensoriales, sin mostrar una diferencia significativa, en comparación con las formulaciones con un menor porcentaje de azúcar, tales como fue el caso de la formulación con 50% y 25% de azúcar. Esto quiere decir que la formulación con un 75% de azúcar mostró un color amarillo suave en la parte interna, y un color café claro en la parte externa, mostrándose en ambos casos un color uniforme. A su vez, se obtuvo un cubilete esponjoso, con una altura aceptable, manteniendo su olor y sabor muy parecidos a los de la formulación control. Por otro lado, en el caso de las formulaciones con un 50% y 25% de azúcar, se obtuvo un cubilete color crema por el interior, poco uniforme, con un cambio de altura significativo, sin sabor ni olor, presentando poca esponjosidad y facilidad para desmoronarse.

Mediante los resultados de las formulaciones con distintos porcentajes de azúcar, se decidió iniciar con la formulación con un 50% de azúcar, debido a su diferencia significativa en los resultados. Para evaluar los sustitutos a utilizar, se realizaron 8 distintas formulaciones (Cuadro 15). Todos los edulcorantes mostraron diferencia sensorial respecto a la formulación control, a excepción de la formulación elaborada con estevia. En general, la diferencia sensorial se presentó en el sabor y olor del cubilete. En el caso del acesulfame y el aspartame, se presentó un olor muy característico de los edulcorantes, con un sabor metálico y poco dulce. A su vez, en el caso de la sacarina y la sucralosa, no se apreciaba un olor a dulce en el cubilete, mostrando un sabor agradable, pero no característico del azúcar. Ahora bien, en el caso de la combinación entre esteviaalpha y estevia CSG se obtuvo un dulzor agradable en el cubilete, muy parecido

al azúcar, por lo que no se encontró una diferencia sensorial respecto a la formulación control. Sin embargo, en el caso de la estevia, se encontró una diferencia sensorial media, ya que el dulzor fue agradable, pero no mostró la intensidad de la formulación anterior, y al aumentar su concentración, predominaba un sabor amargo.

En el caso de la formulación con la sustitución del estabilizador CC4153, como se explicó anteriormente, no se encontró una diferencia sensorial con respecto a la formulación control. A su vez, la disminución de un mayor porcentaje de azúcar, así como la adición de isomalt, tampoco mostró una diferencia sensorial en el cubilete. Sin embargo, cuando se intentó agregar inulina, como fuente de fibra, se obtuvo un cubilete con menor altura, con un color pálido en su interior y poco sabor dulce; mostrando una diferencia sensorial fácilmente apreciable. Por el contrario, al utilizar inulina como sustituto de grasa, la formulación no mostró diferencias sensoriales respecto a la formulación control. Por último, la formulación con adición de goma xanthan, para disminuir el porcentaje de harina de trigo, sí mostró una diferencia sensorial, tanto en la masa, como en el producto terminado. La masa obtenida era líquida y el cubilete colapsó, mostrándose apelmazado (Figura 20).

Una vez se estableció la formulación final (Cuadro 15., formulación No. 12), se realizaron pruebas sensoriales a panelistas no entrenados, ya que ellos son el mercado objetivo. Dentro de las evaluaciones sensoriales realizadas, tanto a la formulación control, como a la formulación final, se encuentra la prueba triangular, la prueba de aceptabilidad con escala hedónica y la prueba de preferencia.

La prueba triangular se realizó con el fin de determinar si existía una diferencia sensorial significativa entre las formulaciones, además de establecer las características que los panelistas identificaron como diferentes y poder comparar los resultados obtenidos. Como se puede observar en la Cuadro 27, no hubo una diferencia significativa entre las dos formulaciones, debido a la frecuencia de elección de las mismas. Se realizó la prueba a 45 panelistas, de los cuales 25 de ellos lograron identificar cual era la muestra de cubilete diferente a la formulación control. De este modo, mediante la prueba binomial de un extremo, se obtuvo una probabilidad de  $>0.079$ , mayor a 0.05, por lo que no hubo diferencia significativa. Dentro de las razones de elección de la muestra diferente (Cuadro 28), se encontró “color más oscuro” y “menos esponjoso” con mayor frecuencia para la formulación final; mientras que “menos dulce” y “menos sabor” para la formulación control.

Se realizó un análisis de aceptabilidad del cubilete, para evaluar ambas formulaciones, encontrar si existe una diferencia significativa, y lograr visualizar sus atributos mediante un perfil. Se determinó el nivel de aceptabilidad de la apariencia, sabor, textura, olor, color y esponjosidad de la formulación final, en relación a la formulación control, mediante una escala hedónica. En general, ambas formulaciones fueron muy bien aceptadas por los panelistas, difiriendo en algunos atributos (Cuadro 29). En su mayoría el

puntaje no fue mayor a “me gusta levemente”, por lo que los promedios de los atributos se encontraron entre “me gusta mucho” y “me gusta un poco”. Se encontró diferencia significativa, tanto en el olor, como en la esponjosidad del cubilete. De modo que, en lo que respecta a la apariencia, el sabor, la textura y el color, no se encontró una diferencia significativa por parte de los panelistas. En la Gráfica 14, se puede observar de forma visual la puntuación de cada uno de los atributos, para realizar una comparación entre ambas formulaciones. Se puede observar que la esponjosidad es la que mayor diferencia mostró, lo cual como se explicó anteriormente, puede deberse a la falta de grasa en la formulación.

Por último, se realizó una prueba de preferencia, para lograr conocer la formulación de preferencia por parte de los panelistas. Como se puede observar en la Cuadro 30, tampoco hubo una diferencia significativa entre las dos formulaciones, debido a la frecuencia de elección de las mismas. De los 45 panelistas que realizaron la prueba, 20 de ellos prefirieron la formulación control, y 25 prefirieron la formulación final. De este modo, mediante la prueba binomial de dos extremos, se obtuvo una probabilidad de  $>0.551$ , mayor a 0.005, por lo que no hubo diferencia significativa. Dentro de las razones de elección de la muestra de preferencia (Cuadro 31), se encontró “olor más agradable” y “mayor dulzor” con mayor frecuencia para la formulación final; mientras que “mejor apariencia” y “más esponjoso” para la formulación control. En la Gráfica 15, se puede observar de forma visual la muestra de preferencia por parte de los panelistas. Como se puede observar, los comentarios de la prueba triangular se relacionan con la prueba de preferencia.

## IX. CONCLUSIONES

1. Se logró elaborar un cubilete reducido en calorías de azúcar (~75%) y grasa (~30%), respecto a la formulación final; siendo posible la reducción del 25% en las calorías totales.
2. La formulación final fue adicionada con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como sustituto de grasa); por su capacidad de sustituir las funciones del azúcar y la grasa.
3. Ambas formulaciones fueron muy bien aceptadas por el consumidor mediante las pruebas sensoriales realizadas, sin mostrar diferencia significativa en los resultados.
4. El cubilete de la formulación final, mostró un aumento del 16% en el precio, respecto al cubilete de la formulación control, lo cual mediante un análisis de competencia, fue considerado como un producto rentable.
5. El cubilete de la formulación final puede ser etiquetado como “reducido en grasa” y “reducido en azúcar”, según el RTCA 67.04.60:10; siendo considerado como un producto de panificación saludable para el consumidor, debido a la mezcla de sustitutos adicionados.

## **X. RECOMENDACIONES**

1. Investigar acerca de otra fuente de harina para sustituir la harina de trigo en la formulación, y así poder disminuir el porcentaje de calorías totales.
2. Realizar un estudio de mercado, para determinar cuánto estarían los consumidores dispuestos a pagar, por un producto de panificación reducido en calorías o light.
3. Realizar un estudio de vida útil más detallado, para poder evaluar sus características respecto al tiempo y así poder determinar su fecha de vencimiento.
4. Realizar la misma investigación con otro pan dulce tipo bizcocho, para comparar la importancia de los porcentajes de los ingredientes dentro de la formulación y lograr determinar si existe una relación entre los mismos.
5. Dar seguimiento al estudio, para evaluar la posibilidad de introducir el producto desarrollado a una industria panificadora.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Almazán, Ana. 2012. «Delipan». FEPA. págs. 20.
2. Alonso, Jorge. 2010. «Edulcorantes Naturales». *Revista La Granja*. 12(2): 3-12.
3. Álvarez, M, *et.at.* 2008. Efecto de la disminución de azúcar en la calidad del pan. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. 18(3): 13-17.
4. Alvírez, Alicia; B. González y Z. Jiménez. 2002. «Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales». *Revista Salud Pública y Nutrición*. México. 3(3).
5. Badui, S. 1996. *Química de Alimentos*. Editorial Alhambra Mexicana. 3ra Edición. México. 648 págs.
6. Balcarcel, Guillermo; F. Castañeda. 2004. «Sobrepeso y obesidad». Págs. 108-120.
7. Ballabriga, A. 1998. «Nuevos aspectos de la nutrición en la infancia». *Conferencia Universidad Autónoma*. Barcelona. 38: 264-274.
8. Bautista, Mayela, *et al.* 2010. «El nopal fresco como fuente de fibra y calcio en panqués». *Revista de la Universidad de Guanajuato*. 20(3): 11-17.
9. Calderón, Giorgina, *et al.* 1995. «Efecto de la adición de diferentes niveles de ingredientes sobre calidad en pan dulce (bizcocho)». *Información tecnológica*. México, D.F. 6(1): 57-63.
10. Castañeda, Diana; J. Báez. 2008. *Evaluación de la estevia (steviarebaudianabertoni) y esteviósido, comosustitutos industriales de la sacarosa en el proceso de panificación*. Tesis Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 25 págs.
11. Castro, José; M. Fornasini y M. Acosta. 2003. «Prevalencia y factores de riesgo de sobrepeso en colegialas de 12 a 19 años en una región semiurbana de Ecuador». *RevPanam Salud Pública*. 13 (5): 277-284.
12. Cuc, Werner, *et al.* 2011. *Sobrepeso y obesidad en escolares*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ciencias Médicas. 69 págs.
13. De los Reyes, Alfonso. 2012. *Obesidad en Latinoamérica, factores detrás del incremento*. <http://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/obesidad-en-latinoamerica-factores-detras-del-incremento>
14. Emisoras Unidas. 2012. *Según estudio, el 41 por ciento de guatemaltecos padece de obesidad por mala nutrición*. <http://noticias.emisorasunidas.com/noticias/nacionales/según-estudio-41-ciento-guatemaltecos-padece-obesidad-mala-nutricion>
15. García, David; V. Navarro. 2007. *Elaboraciones básicas para pastelería-repostería*. 1ª ed. España: Ideaspropias Editorial. 251 págs.
16. Giese, J. 1993. Alternative Sweeteners and Bulking Agents. *FoodTechnology*. Estados Unidos, 47(1): 114-125.

17. González, Ricardo Antonio. 2004. *Actualización de la composición proximal del pan de consumo popular en Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de CCQQ y Farmacia. 56 págs.
18. Hippleheuser, A, *et.al.* 1995. A System Approach to Formulating a Low-Fat Muffin. *Food Technology*. Estados Unidos. 49(3): 92-96.
19. 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.
20. Karimi, M, *et.al.* 2013. Functional effects of different humectants on dough rheology and flat bread quality. *IJACS*. Iran. 5(11): 1209-1213.
21. Kulp, K, *et.al.* 1991. Functionality of Carbohydrate Ingredients in Bakery Products. *Food Technology*. Estados Unidos, 45(3): 136-142.
22. Lezcano, Elizabeth. 2011. «Productos batidos». En *Alimentos argentinos*. Argentina. págs. 17-32.
23. Madrid, A, *et al.* 1994. Manual de Pastelería y Confitería. AMV Ediciones, Mundi-Prensa. Madrid. 480 págs.
24. Madsen, Jörgen. 1995. Emulsionantes para productos alimentarios. *Alimentos Hoy*. Colombia. 8(8).
25. Martínez, Sandra. 2013. *Reemplazo de grasa y azúcar en magdalenas. Efecto sobre las propiedades reológicas, térmicas, de textura y sensoriales*. Tesis Universidad Politécnica de Valencia.
26. Martínez, Reina; N. Castillo y L. Guzmán. 2004. Efecto de un producto de panificación elaborado con sucralosa y su influencia sobre el índice glicémico en pacientes diabéticos tipo 2. *Revista Rea Ciencia*. El Salvador. págs. 10-15.
27. Martínez, Jesús; C. Gómez y A. Villarino. 2006. «Obesidad y alimentos funcionales: ¿son eficaces los nuevos ingredientes y productos? ». *RevMedUniv Navarra*. Madrid. 50(4): 31-38.
28. Moncada, Vanesa. 1998. Desarrollo de un pastelito tipo cubilete apto para ser consumido por personas diabéticas.
29. Morales, R. 1994. *Desarrollo de un Pan Dulce Portador de Calorías, proteínas, Vitamina A, Hierro y otros Micronutrientes*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala, UVG. Guatemala.
30. OMS. 2010. *10 datos sobre la obesidad*. <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/es/index.html>
31. OMS. 2012. *Obesidad*. [http://new.paho.org/gut/index.php?option=com\\_joom\\_labook&Itemid=259&task=display&id=234](http://new.paho.org/gut/index.php?option=com_joom_labook&Itemid=259&task=display&id=234)
32. Palmieri, Mireya; H. Delgado. 2011. *Análisis situacional de la malnutrición en Guatemala: sus causas y abordaje*. Guatemala: Serviprensa S.A. 42 págs.
33. Peña, Manuel; J. Bacallao. 2001. «La obesidad y sus tendencias en la región». *RevPanam Salud Pública*. Washington. 10(2)
34. Pigani, J. 2001. ¿Qué es un alimento funcional? Investigación. *Revista Ambiente Ecológico*.

35. Política de Guatemala. 2010. *Guatemala se halla entre los 10 países con más obesidad en el mundo*. <http://www.politicagt.com/guatemala-se-halla-entre-los-10-paises-con-mas-obesidad-del-mundo/>
36. Potter, N. 1978. *La Ciencia de los Alimentos*. Editorial Harla. 2da Edición. México. 749 págs.
37. Ramos, Artemio. 1998. *Desarrollo de una galleta para senescentes, enriquecida con fibra dietaria, vitaminas y minerales*. Tesis Universidad Austral de Chile. Valdivia. 121 págs.
38. Rhea Li. 2011. *Low, less, and lite: how to decipher "healthy" food labels*. <http://www.fitday.com/fitness-articles/nutrition/low-less-and-lite-how-to-decipher-healthy-food-labels.html#b>
39. Rubio, Miguel, *et al.* 2007. «Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica». *RevEspObes*. 5(3): 135-175.
40. Savitha, Y; D. Indrani y J. Prakash. 2008. «Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits». *Journal of Texture Studies*. 39(6): 605-616.
41. Serrano, José; I. Sánchez. 2008. «Tendencias en alimentos funcionales contra la obesidad: ingredientes funcionales, alimentos tecnológicamente modificados y dietas completas». *RevEspNutr Comunitaria*. Madrid. 14(3): 193-200.
42. Soca, Pedro; A. Peña. 2009. «Consecuencias de la Obesidad». *Acimed*. 20(4).
43. Torres, Juan, *et al.* 2011. «Incorporación de fibras procedentes de subproductos agroindustriales en la elaboración de magdalenas bajas en calorías: evaluación organoléptica». En *Alimentaria*. págs. 78-83.
44. Von Grebmer, Klaus, *et al.* 2011. *Índice Global del Hambre*. Bonn, Washington, D.C., Dublín. 49 págs.
45. Waring, S. 1988. Shortening Replacement in Cakes. *Food Technology*. Estados Unidos. 42(3):114-117.
46. Wong, Ximena. 2012. *Utilización de goma xanthan y monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca*. Trabajo de graduación Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 87 págs.

## XII. ANEXOS

### A. Comentarios

**1. Comentario personal.** La elaboración de este proyecto fue un gran reto que me ayudó a crecer personal y profesionalmente. Para realizarlo fue necesario recaudar toda la información necesaria, adquirir todos los conocimientos relacionados y nutrirme de nuevas capacidades. A su vez, al ser un producto de amplio análisis, fue necesario el apoyo de varias personas y una buena organización.

### B. Cuadros, figuras y fotografías

#### 1. Pruebas preliminares.

Figura 33: Cubiletes con distintos porcentajes de azúcar



\*De izquierda a derecha: Formulación 75%, 50% y 25% azúcar.

## 2. Pruebas de sustitutos y definición de la formulación final.

Figura 34: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como fuente de fibra)



Figura 35: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina, inulina y goma xanthan



Figura 36: Formulación control



Figura 37: Formulación final



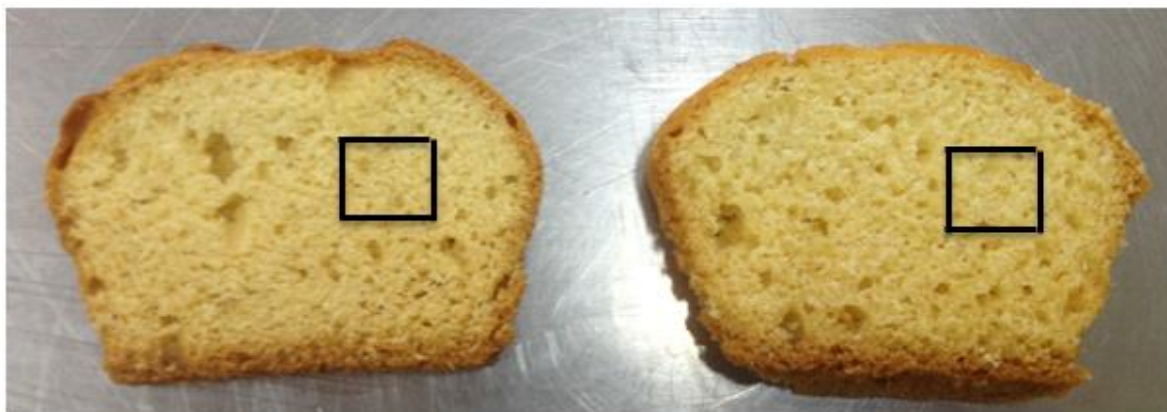
Figura 38: Masa de la formulación control y final



\*De izquierda a derecha: formulación final y formulación control.

### 3. Análisis físicos.

Figura 39: Número de poros o burbujas de aire por cm<sup>2</sup>



\*De izquierda a derecha: formulación final y formulación control

Figura 40: Determinación de miga suelta



Figura 41: Determinación de la densidad



#### 4. Análisis químicos.

Figura 42: Determinación de la proteína



Figura 43: Determinación de grasa con quipo Soxhlet



Figura 44: Soluciones estándar para la cuantificación de sacarosa (HPLC)



**5. Evaluaciones sensoriales.****a. Boleta prueba triangular.**

Nombre \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**Boleta Prueba Triangular  
para detectar diferencias (cubilete tipo magdalena)**

En esta prueba se analizarán dos formulaciones de cubilete; al terminar de evaluar, entregar la boleta. Muchas gracias por su colaboración.

Pruebe con precaución cada muestra, iniciando con la que tiene a su izquierda. Beba suficiente agua después de probar cada muestra, enjuáguese bien para que no queden residuos de alimento. Indique cuál de las muestras codificadas es la diferente y recuerde que en el caso de duda, debe decidirse por una muestra. En la casilla de comentarios, indicar las diferencias que encontró en las muestras y que lo llevaron a hacer su elección. Es obligatorio incluir comentarios.

CÓDIGOS DE MUESTRA

MUESTRA DIFERENTE

\_\_\_\_\_

Comentarios:

---

---

---

**b. Boleta prueba de aceptabilidad con escala hedónica.**

Nombre \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

--

**Boleta Prueba de Aceptabilidad  
con escala hedónica (cubilete tipo magdalena)**

A continuación se le presentarán dos muestras de cubilete. De estas muestras se le solicita evalúe la apariencia, sabor, textura, olor, color y esponjosidad; empezando por la que tiene a su lado izquierdo. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada una de las muestras seleccionando el puntaje en el Cuadro No.1 y colocándolo en el Cuadro No.2 para cada uno de los atributos indicados.

Cuadro No.1 Escala hedónica

Puntaje	Descripción
1	Me gusta muchísimo
2	Me gusta mucho
3	Me gusta un poco
4	Me gusta levemente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me disgusta levemente
7	Me disgusta un poco
8	Me disgusta mucho
9	Me disgusta muchísimo

Cuadro No.2 Evaluación

Atributo	Código	Atributo	Código
APARIENCIA		OLOR	
SABOR		COLOR	
TEXTURA		ESPONJOSIDAD	

Atributo	Código	Atributo	Código
APARIENCIA		OLOR	
SABOR		COLOR	
TEXTURA		ESPONJOSIDAD	

Cuadro 32: Perfil de la formulación control

Panelista	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	5	4	3	5	6	2
2	2	4	2	5	2	2
3	3	1	2	5	3	1
4	2	4	3	5	2	3
5	5	2	1	1	2	2
6	3	1	1	2	4	1
7	5	2	4	4	5	3
8	5	4	4	6	5	5
9	5	3	3	2	3	3
10	2	3	3	2	2	3
11	4	1	3	2	2	5
12	2	3	3	4	3	2
13	1	3	2	4	2	1
14	1	1	1	1	1	1
15	3	4	2	3	3	2
16	1	2	1	3	4	2
17	4	3	5	4	2	3
18	5	2	3	3	5	4
19	3	4	2	2	4	2
20	5	4	2	3	4	2
21	2	2	3	5	2	3
22	4	3	3	4	2	2
23	3	3	4	2	1	1
24	1	3	2	2	2	2
25	4	3	3	4	2	3
26	1	2	4	3	3	4
27	1	4	2	2	4	3
28	5	2	3	3	4	2
29	3	2	3	4	5	5
30	3	4	3	3	3	2
31	4	3	2	2	1	2
32	2	1	1	1	2	2
33	4	2	1	1	2	4
34	5	4	2	4	3	4

Continuación Cuadro 32: Perfil de la formulación control

Panelista	P1	P2	P3	P4	P5	P6
35	2	4	3	4	3	1
36	2	2	3	1	2	3
37	4	2	3	3	1	4
38	3	2	4	3	2	2
39	3	2	4	4	3	4
40	3	3	3	3	3	4
41	1	1	2	3	3	5
42	4	3	4	2	2	2
43	2	5	4	3	3	2
44	2	3	3	1	1	1
45	2	2	3	5	2	1
Media	3.02	2.71	2.71	3.07	2.78	2.60
Desviación estándar	1.14	0.90	0.80	1.06	0.98	1.02

P1=Apariencia

P2=Sabor

P3=Textura

P4=Olor

P5=Color

P6=Esponjosidad

Cuadro 33: Perfil de la formulación final

Panelista	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	2	3	2	1	2	3
2	2	5	1	4	3	2
3	5	4	4	2	3	3
4	2	2	5	1	5	4
5	3	3	3	4	2	2
6	1	2	1	1	3	5
7	3	6	3	3	2	2
8	5	3	2	2	3	3
9	3	4	4	3	2	3
10	5	6	5	2	5	5
11	2	3	3	3	3	3

Continuación Cuadro 33: Perfil de la formulación final

Panelista	P1	P2	P3	P4	P5	P6
12	3	5	3	2	4	5
13	3	1	1	2	4	6
14	5	3	4	1	2	4
15	3	2	1	1	2	5
16	2	3	3	4	3	4
17	2	4	3	1	2	3
18	3	2	1	3	3	5
19	2	4	4	2	2	2
20	2	5	1	3	3	3
21	3	1	3	2	4	5
22	3	2	4	1	2	6
23	3	3	3	3	3	2
24	4	3	2	2	3	4
25	2	3	5	5	3	4
26	5	3	2	3	2	6
27	2	4	3	4	1	3
28	2	3	1	2	2	5
29	2	5	4	2	4	5
30	4	2	3	4	4	4
31	3	4	3	3	2	5
32	1	2	1	1	1	4
33	2	2	3	3	4	3
34	4	2	2	3	2	4
35	4	3	3	2	2	2
36	5	2	4	3	2	3
37	3	4	4	3	4	3
38	2	1	2	2	2	3
39	4	3	3	4	2	6
40	1	2	2	1	3	2
41	3	3	3	2	4	3
42	3	2	2	3	3	2
43	4	3	3	2	2	4
44	2	3	4	2	3	3

Continuación Cuadro 33: Perfil de la formulación final

Panelista	P1	P2	P3	P4	P5	P6
45	2	3	3	3	2	5
Media	2.91	3.07	2.80	2.44	2.76	3.73
Desviación estándar	0.90	0.89	0.92	0.87	0.79	1.07

P1=Apariencia

P2=Sabor

P3=Textura

P4=Olor

P5=Color

P6=Esponjosidad

**c. Boleta prueba de preferencia.**

Nombre \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**Boleta Prueba de Preferencia (cubilete tipo magdalena)**

Indique cuál de las dos muestras de cubilete presentadas a continuación prefiere, circulando el código que la identifique. Luego indique el porqué de su elección.

CÓDIGO

CÓDIGO

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Por qué?

---

---

Figura 5: Presentación de las muestras para la prueba triangular



Figura 46: Presentación de las muestras para la prueba de aceptabilidad y preferencia



Figura 47: Panelistas (no entrenados) para pruebas sensoriales



## 6. Formulaciones preliminares y con distintos sustitutos.

Cuadro 34: Formulaciones con distintos porcentajes de azúcar

Ingrediente	Porcentaje (%)		
	Formulación 75% azúcar	Formulación 50% azúcar	Formulación 25% azúcar
Harina suave	35.46	37.40	39.56
Mantequilla	13.82	14.57	15.41
Leche en polvo	1.84	1.94	2.05
Emulsificante	1.84	1.94	2.05
Sabor a vainilla	0.18	0.19	0.21
Sal	0.18	0.19	0.21
Azúcar	15.54	10.93	5.78
Polvo de hornear	0.74	0.78	0.82
Agua	15.66	16.51	17.47
Aceite	4.61	4.86	5.14
Huevos	9.21	9.71	10.27
Bicarbonato	0.92	0.97	1.03
Total	100.00	100.00	100.00

Cuadro 35: Formulación con sacarina, aspartame, sucralosa y agente de llenado

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.05	100.00
Mantequilla	14.05	38.96
Leche en polvo	1.87	5.19
Emulsificante	1.87	5.19
Sabor a vainilla	0.19	0.52
Sal	0.19	0.52
Azúcar	10.54	29.22
Polvo de hornear	0.94	2.60
Agua	15.92	44.16
Aceite	4.68	12.99
Huevos	9.36	25.97
Bicarbonato	0.70	1.95
Maltodextrina/Polidextrosa	3.61	10.00
Sacarina	0.01	0.03
Aspartame	0.01	0.04
Sucralosa	0.01	0.02
Total	100	277.36

Cuadro 36: Formulación con sacarina, sucralosa y agente de llenado

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.06	100.00
Mantequilla	14.05	38.96
Leche en polvo	1.87	5.19
Emulsificante	1.87	5.19
Sabor a vainilla	0.19	0.52
Sal	0.19	0.52
Azúcar	10.54	29.22
Polvo de hornear	0.94	2.60
Agua	15.92	44.16
Aceite	4.68	12.99
Huevos	9.37	25.97
Bicarbonato	0.70	1.95
Maltodextrina/Polidextrosa	3.61	10.00
Sacarina	0.02	0.05
Sucralosa	0.01	0.02
Total	100	277.34

Cuadro 37: Formulación con aspartame, acesulfame k y agente de llenado

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.05	100.00
Mantequilla	14.04	38.96
Leche en polvo	1.87	5.19
Emulsificante	1.87	5.19
Sabor a vainilla	0.19	0.52
Sal	0.19	0.52
Azúcar	10.53	29.22
Polvo de hornear	0.94	2.60
Agua	15.92	44.16
Aceite	4.68	12.99
Huevos	9.36	25.97
Bicarbonato	0.70	1.95
Maltodextrina/Polidextrosa	3.60	10.00
Aspartame	0.04	0.11
Acesulfame	0.02	0.06
Total	100	277.44

Cuadro 38: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG y estabilizador CC34153

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	34.21	100.00
Mantequilla	13.33	38.96
Leche en polvo	1.78	5.19
Emulsificante	1.78	5.19
Sabor a vainilla	0.18	0.52
Sal	0.18	0.52
Azúcar	9.99	29.22
Polvo de hornear	0.89	2.60
Agua	15.10	44.16
Aceite	4.44	12.99
Huevos	8.88	25.97
Bicarbonato	0.67	1.95
Estabilizador CC34153	8.55	25.00
Esteviaalpha	0.03	0.07
Estevia CSG	0.004	0.01
Total	100	292.35

Cuadro 39: Formulación con estevia, maltodextrina y polidextrosa

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	35.97	100.00
Mantequilla	14.01	38.96
Leche en polvo	1.87	5.19
Emulsificante	1.87	5.19
Sabor a vainilla	0.19	0.52
Sal	0.19	0.52
Azúcar	10.51	29.22
Polvo de hornear	0.93	2.60
Agua	15.88	44.16
Aceite	4.67	12.99
Huevos	9.34	25.97
Bicarbonato	0.70	1.95
Maltodextrina	0.36	1.00
Polidextrosa	3.24	9.00
Estevia	0.270	0.75
Total	100	278.02

Cuadro 40: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, maltodextrina, povidexrosa y glicerina

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.06	100.00
Mantequilla	14.05	38.96
Leche en polvo	1.87	5.19
Emulsificante	1.87	5.19
Sabor a vainilla	0.19	0.52
Sal	0.19	0.52
Azúcar	10.54	29.22
Polvo de hornear	0.94	2.60
Agua	15.92	44.16
Aceite	4.68	12.99
Huevos	9.37	25.97
Bicarbonato	0.70	1.95
Maltodextrina	0.36	1.00
Povidexrosa	0.03	0.07
Esteviaalpha	0.004	0.01
Estevia CSG	0.03	0.07
Glicerina	0.75	2.08
Total	100	270.50

Cuadro 41: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, povidexrosa y glicerina

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	36.89	100.00
Mantequilla	13.60	36.85
Leche en polvo	1.81	4.91
Emulsificante	1.81	4.91
Sabor a vainilla	0.18	0.49
Sal	0.18	0.49
Azúcar	3.35	9.09
Polvo de hornear	0.91	2.46
Agua	20.82	56.43
Aceite	4.53	12.28
Huevos	9.06	24.57
Bicarbonato	0.68	1.84
Maltodextrina	0.35	0.95
Povidexrosa	3.14	8.51
Esteviaalpha	0.04	0.19

Continuación Cuadro 41: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa y glicerina

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Estevia CSG	0.07	0.11
Glicerina	0.73	1.97
Isomalt	1.85	5.01
Total	100	291.89

Cuadro 42: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina e inulina (como fuente de fibra)

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	32.89	100.00
Mantequilla	13.60	41.34
Leche en polvo	1.81	5.51
Emulsificante	1.81	5.51
Sabor a vainilla	0.18	0.55
Sal	0.18	0.55
Azúcar	3.35	10.20
Polvo de hornear	0.91	2.76
Agua	20.82	63.30
Aceite	4.53	13.78
Huevos	9.06	27.56
Bicarbonato	0.68	2.07
Maltodextrina	0.35	1.06
Polidextrosa	3.14	9.55
Esteviaalpha	0.07	0.21
Estevia CSG	0.04	0.12
Glicerina	0.73	2.20
Isomalt	1.85	5.62
Inulina	4.00	12.16
Total	100	291.89

Cuadro 43: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina, inulina y goma xanthan

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Harina suave	30.00	100.00
Mantequilla	9.19	30.65
Leche en polvo	1.75	5.84
Emulsificante	1.12	3.73

Continuación Cuadro 43: Formulación con esteviaalpha, estevia CSG, isomalt, maltodextrina, polidextrosa, glicerina, inulina y goma xanthan

Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje panadero (%)
Sabor a vainilla	1.12	3.73
Sal	0.19	0.62
Azúcar	3.94	13.13
Polvo de hornear	1.49	4.98
Agua	29.81	99.37
Aceite	1.87	6.22
Huevos	11.19	37.31
Bicarbonato	0.75	2.49
Maltodextrina	0.37	1.24
Polidextrosa	2.61	8.71
Esteviaalpha	0.07	0.23
Estevia CSG	0.04	0.13
Glicerina	0.75	2.50
Isomalt	1.87	6.22
Inulina	1.87	6.22
Goma xanthan	0.40	1.33
Total	100	327.10

## 7. Datos originales y calculados.

Cuadro 44: Datos de análisis químicos

Análisis	Muestra	Formulación	
		Control	Final
Proteína (%)	1	7.65	9.07
	2	7.55	9.09
Humedad (%)	1	22.58	25.70
	2	22.01	25.90
Grasa (%)	1	19.49	13.74
	2	20.94	13.38
Cenizas (%)	1	2.10	3.00
	2	2.09	3.09
Fibra dietética (%)	1	1.89	5.21
	2	1.97	5.15
Carbohidratos (%)	1	45.74	43.32
	2	46.00	43.36
Sacarosa (%)	1	33.90	8.05
	2	33.86	8.09

Cuadro 45: Análisis estadísticos de análisis químicos (parte 1)

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Proteína (%)	7.548	9.093	8.341	0.855
Humedad (%)	22.006	25.899	24.046	2.039
Grasa (%)	13.383	20.936	16.886	3.888
Cenizas (%)	2.087	3.087	2.568	0.548
Fibra dietética (%)	4.675	5.194	4.970	2.026
Carbohidratos (%)	42.436	43.422	43.206	0.720
Sacarosa (%)	8.047	33.905	20.975	14.901

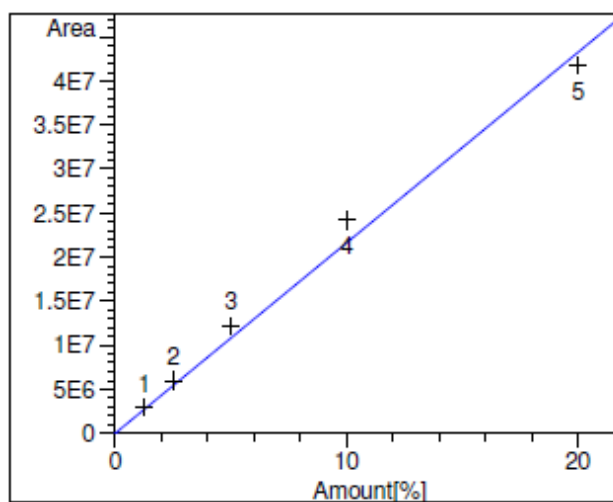
Cuadro 46: Análisis estadístico de análisis químicos (parte 2)

Parámetro	Diferencia	Valor crítico	Pr>Dif	Significativo
Proteína (%)	1.480	4.303	0.001	Sí
Humedad (%)	3.506	4.303	0.007	Sí
Grasa (%)	6.651	4.303	0.012	Sí
Cenizas (%)	0.948	4.303	0.002	Sí
Fibra dietética (%)	3.278	4.303	0.008	Sí
Carbohidratos (%)	0.982	4.303	0.197	No
Sacarosa (%)	25.810	4.303	<0.0001	Sí

Cuadro 47: Estándares de sacarosa para HPLC

Solución No.	Concentración (%)	Área
1	1.25	2.93891e6
2	2.50	5.93330e6
3	5.00	1.21968e7
4	10.00	2.41340e7
5	20.00	4.16869e7

Figura 48: Curva de calibración de la sacarosa para HPLC



$R=0.99781$

Fórmula:  $y=mx$

Donde:

$m=2.16693e6$

$x=\text{concentración (\%)}$

$y=\text{área}$

## 8. Determinación de costos

Cuadro 48: Análisis de costos

	Formulación control	Formulación final
Materia prima y empaque	Q 1.42	Q 1.69
Mano de obra (34%)	Q 0.48	Q 0.57
Gastos fijos (6.7%)	Q 0.10	Q 0.11
Gastos variables (13.6%)	Q 0.19	Q 0.23

## 9. Materiales y procedimientos para análisis químicos

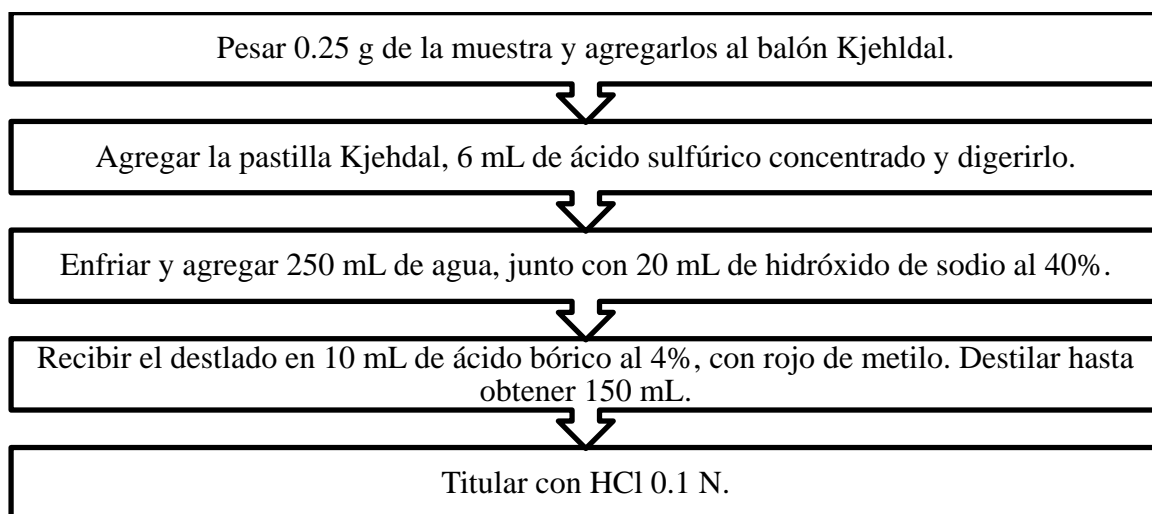
**a. Determinación de humedad: balanza de humedad RADWAG.** Para realizar este análisis, se utilizó la balanza de humedad que se encuentra en el laboratorio de alimentos de la UVG.

**b. Determinación de proteína: método AOAC 979.09 (Kjehldal).**

Cuadro 49: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de proteína

Equipo y reactivos
Balones Kjeldahl (100ML)
Unidad destilador
Digestor
Balanza analítica
Pastilla Kjehldal
Ácido sulfúrico concentrado
Hidróxido de sodio al 40%
Ácido bórico al 4%
Rojo de metilo
Tiosulfato d
HCL 0.1N

Figura 49: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de proteína

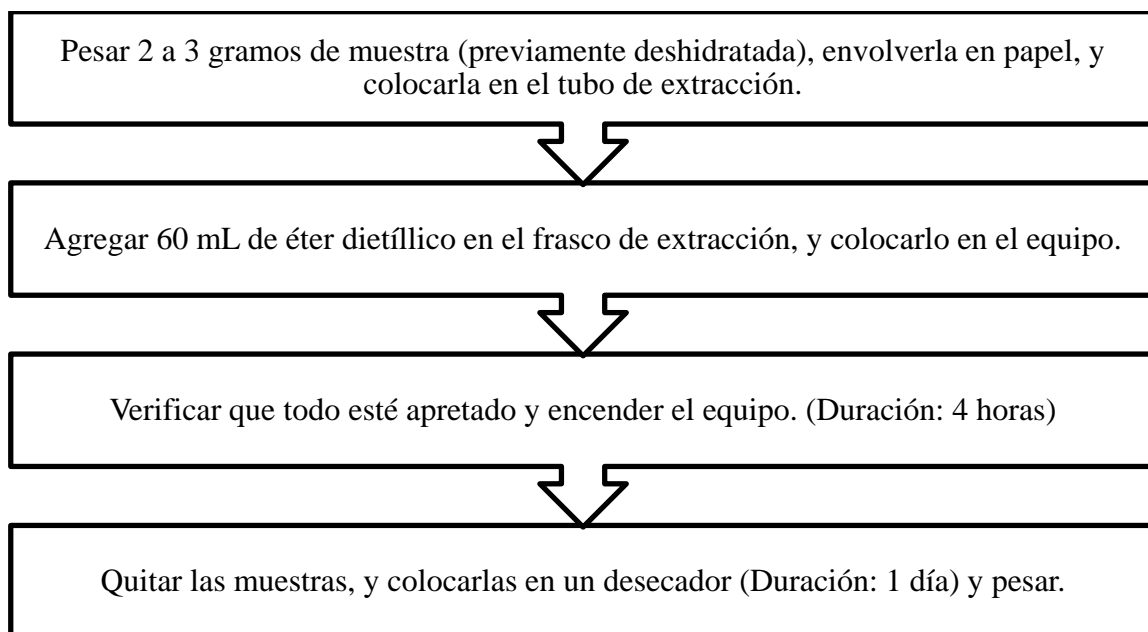


**c. Determinación de grasa: método AOAC 963.15 (Soxhlet).**

Cuadro 50: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de grasa

Equipo y reactivos
Extractor y frascos Soxhlet
Balanza analítica
Desecador
Papel filtro
Éter de petróleo

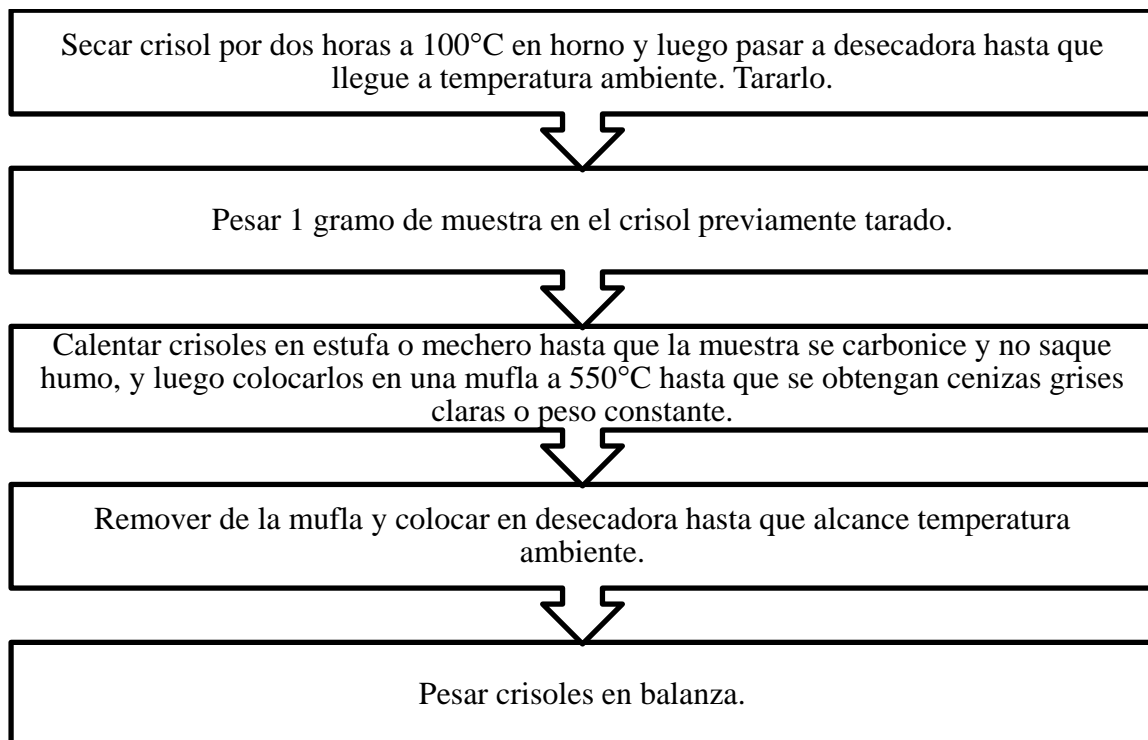
Figura 45: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de grasa

**d. Determinación de cenizas: método AOAC 923.03.**

Cuadro 51: Equipo para la determinación del porcentaje de cenizas

Equipo
Crisoles
Mufla (550°C)
Desecadora
Balanza analítica
Pinzas
Estufa

Figura 51: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de cenizas

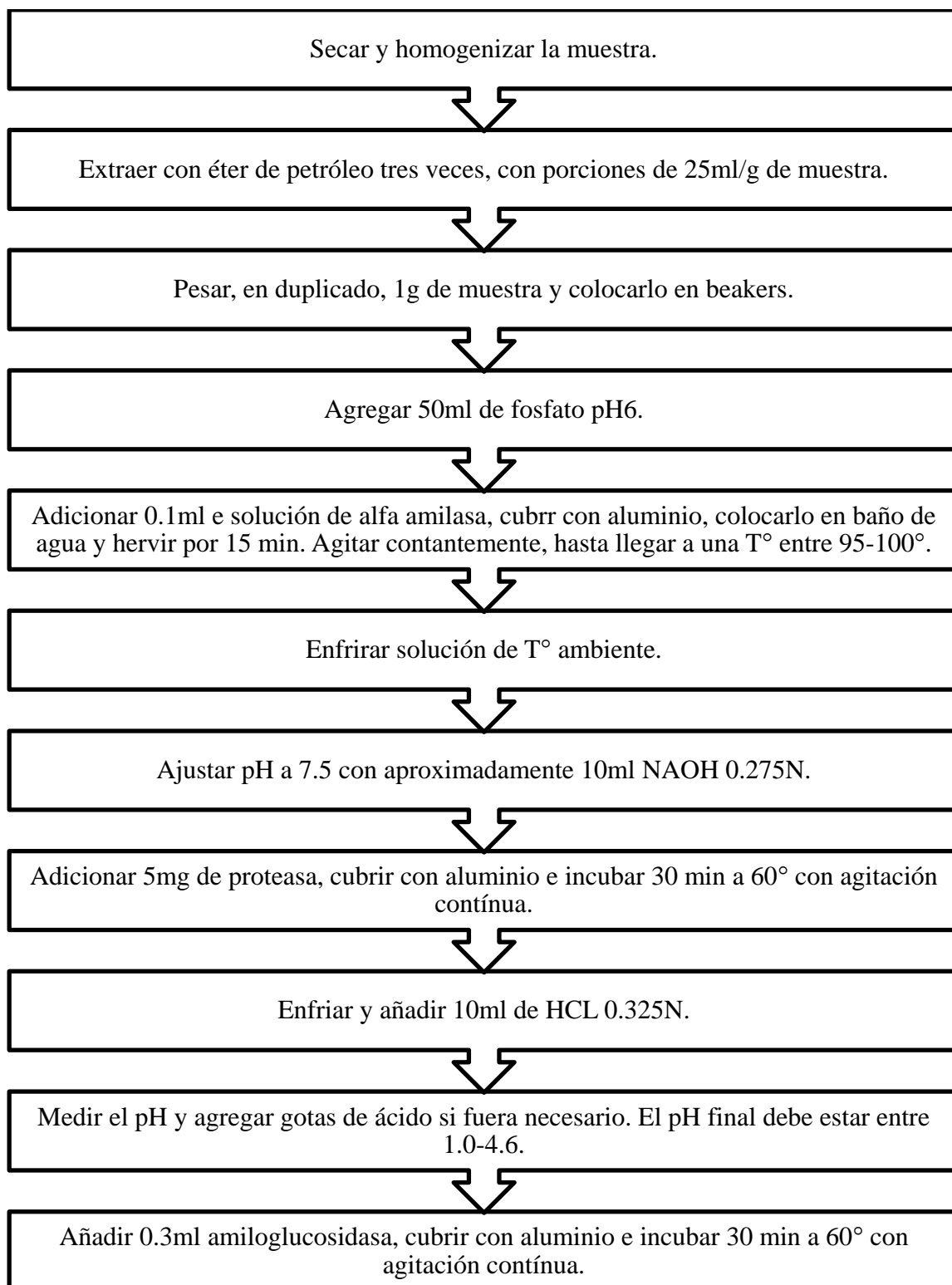


#### e. Determinación de fibra dietética

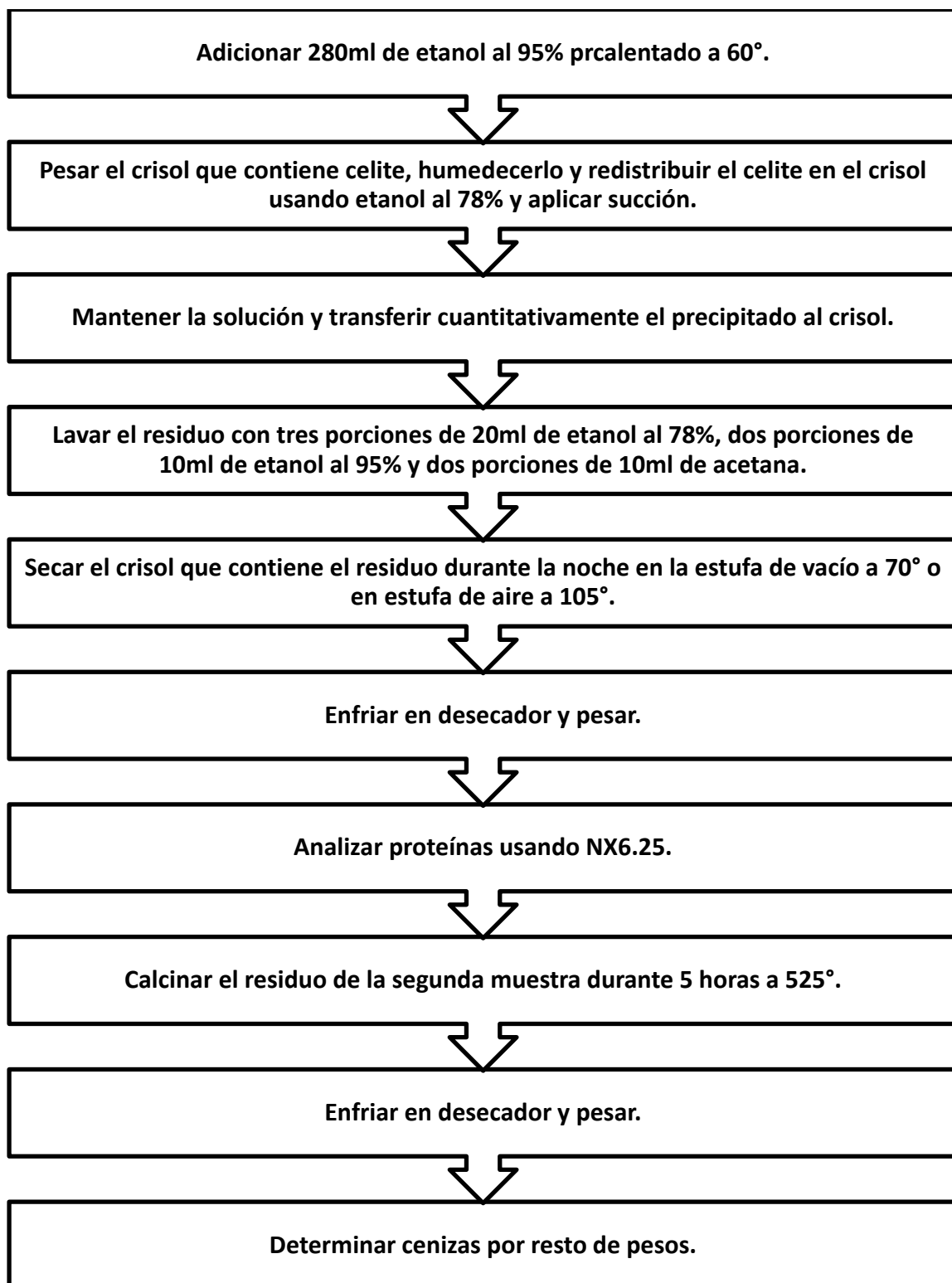
Cuadro 52: Equipo y reactivos para la determinación del porcentaje de fibra dietética

Equipo y reactivos
Balanza analítica
Bomba de vacío
Desecador
Estufa
pHímetro
Crisoles y beakers
Etanol 78% y 95%
Acetona
Fosfato de sodio
Alfa amilasa, proteasa y amiloglusidasa
Hidróxido de sodio
Ácido clorhídrico
Celite
Éter de petróleo

Figura 52: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de fibra dietética



Continuación Figura 52: Procedimiento detallado para la determinación del porcentaje de fibra dietética



**f. Cuantificación de sacarosa: método AOAC 982.14.**

Cuadro 53: Equipo y reactivos para la determinación y cuantificación de sacarosa

Equipo y reactivos
Cromatógrafo HPLC
Centrifugadora
Tubos de centrifugación
Beakers
Probetas
Agua
Alcohol
Éter dietílico
Sacarosa (azúcar)

Figura 53: Procedimiento detallado para la preparación de la muestra

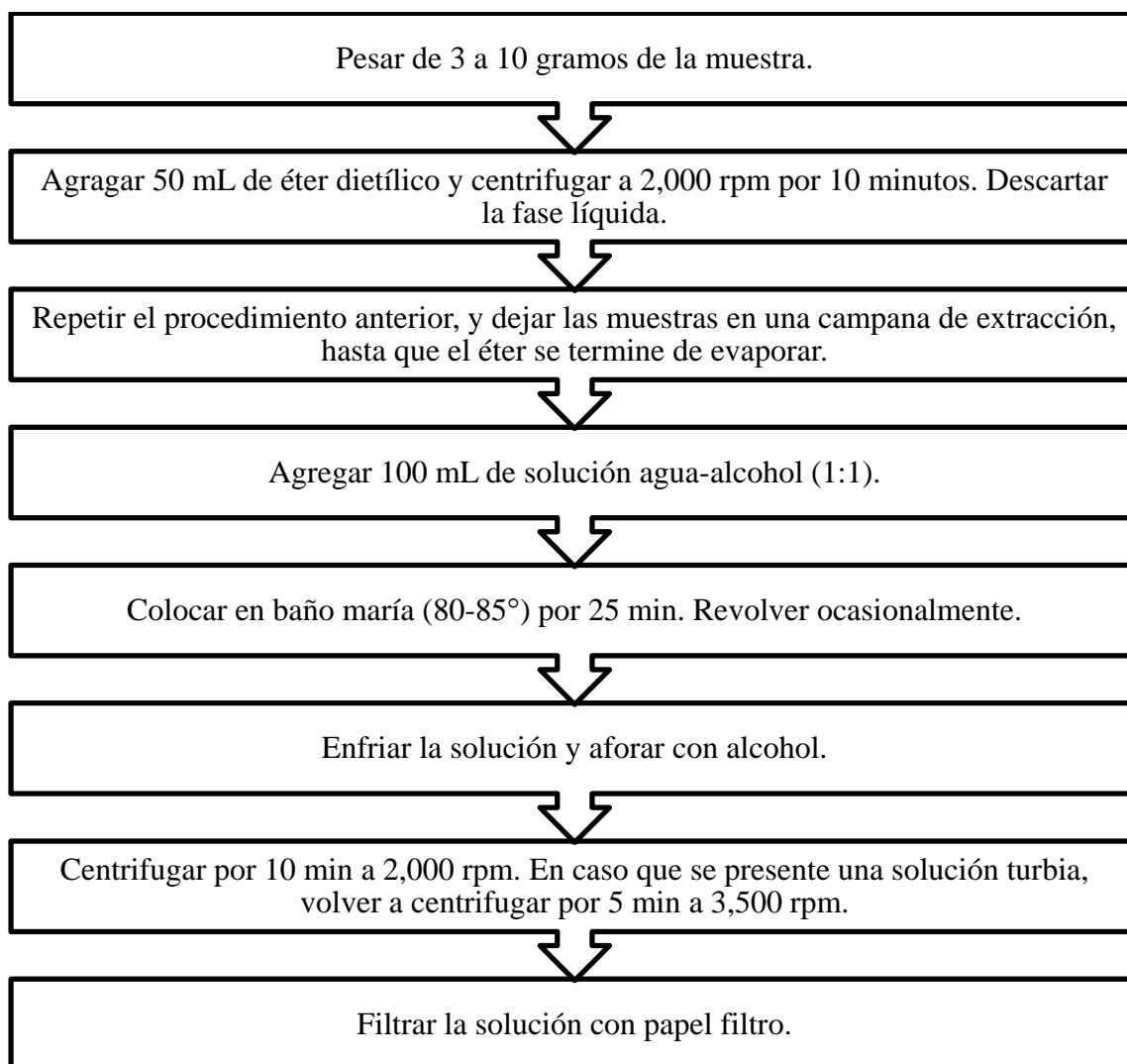
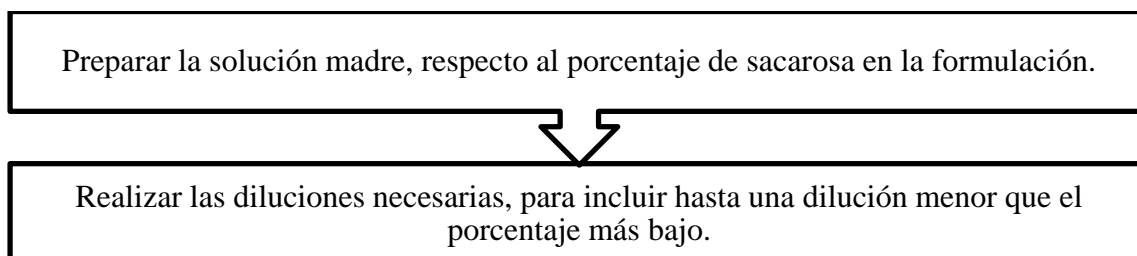


Figura 54: Procedimiento detallado para la preparación de las soluciones de sacarosa



## 10. Cálculos para análisis químicos

### a. Humedad: balanza de humedad RADWAG.

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca})}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

### b. Proteína: método AOAC 979.09 (Kjehldal).

$$\% \text{Proteína} = \frac{V \times N \times 0.014 \times \text{factor}}{m} \times 100$$

Donde:

N=Normalidad

V=gasto de HCl 0.1N

m=peso de muestra en gramos

Factor=6.25 (para alimentos)

### c. Grasa: método AOAC 963.15 (Soxhlet).

$$\% \text{Grasa} = \frac{\text{Peso de grasa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

**d. Cenizas: método AOAC 923.03.**

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(\text{Peso de muestra seca} - \text{peso de muestra icinerada})}{\text{Peso de muestra inicial}} \times 100$$

**e. Fibra dietética: método AOAC**

$$\% \text{Fibra dietética} = \frac{(\text{Peso del residuo} - \text{Peso de proteína} - \text{Peso de cenizas})}{\text{Peso de muestra inicial}} \times 100$$

**f. Carbohidratos: por diferencia.**

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Proteína} + \% \text{Grasa} + \% \text{Humedad} + \% \text{Cenizas} + \% \text{Fibra dietética})$$