



*UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO*

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

“ESTUDIO DEL EFECTO REOLÓGICO EN LA
ELABORACIÓN DE PASTEL DE CHOCOLATE
BAJO EN GRASA Y CARBOHIDRATOS
UTILIZANDO MALTODEXTRINA Y CELULOSA
COMO SUSTITUTOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTA:

**P. D. I. A. ELIDET PAOLA NERI
GÁMEZ**

DIRECTORA:

DRA. NORMA GÜEMES VERA

TULANCINGO HGO., ENERO 2007.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la vida por permitirme concluir con satisfacción esta etapa de mi formación profesional.

A la persona que siguió este trabajo, y que le dedico tanto tiempo como yo, por su paciencia, ayuda y conocimientos, gracias Dra. Norma Güemes Vere, la aprecio y admiro mucho.

A la Dra. Isabel Reyes Santamaría, Dra. Elia Nora Aquino Bolaños, M. en Alimentos Elizabeth Pérez Soto y especialmente al M. en C. Sergio Soto Simental, por las sugerencias aportadas que enriquecieron este trabajo.

Al centro de investigación en Ciencias y Tecnología de los alimentos (CICyTA), al Instituto de ciencias Agropecuarias (ICAP) y en general a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), por que me recibieron en sus instalaciones, lo cual fue el vehiculo para alcanzar esta meta.

A todos los maestros que fueron parte de mi formación en esta institución, gracias

DEDICATORIAS

A Dios, nuevamente por ayudarme a llegar a este momento de mi vida, en el que entiendo que: "Todo lo puedo en Cristo que me fortalece".

A mis padres Pablo y Lina por apoyarme siempre, por motivarme, por hacer de mi una buena persona, sobretodo por haberme enseñado que lo material no importa que la riqueza mas grande se encuentra en el espíritu y el saber, los admiro nunca tendré con que pagar lo que me dieron, gracias los amo.

A mis hermanos, a ti Saúl por tus consejos y por ser un ejemplo de superación y lucha constante; y a ti Mary por soportarme, por escucharme y por compartir conmigo muchas travesuras; gracias por su apoyo sin condiciones los quiero mucho.

A mis amigas Coko, Vero, March, Bris y Maye, estuvimos juntas casi 5 años y aprendí mucho de cada quien, es padre encontrarse personas como ustedes cuando uno esta lejos de casa, las quiero un buen viejas.

A mis compañeros de generación Blancas, Marco, Lupita, Sandra, Thania, Chuy e Ismael por que si se pudo, y si se puede, gracias chavos.

A ti mi amor, por apoyarme, por entenderme, por estar a mi lado cada vez que sentía no poder, gracias por animarme a seguir, y por las tantas tardes que invertimos para que este proyecto tuviera conclusión, gracias eres extraordinario, te amo Eloin.

A mi niño, por ser el motor de mi vida por enseñarme a cultivar la paciencia para disfrutar de cada momento, por sacrificar junto a papá muchas tardes y noches, para que yo realizara este trabajo. Ahora hijo lo que venga sera por ti, gracias por esperar. Te amo Ever.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Función de las grasas en los alimentos	4
2.2. Sustitutos y reemplazantes de grasa	4
2.3. Tipos de ingredientes reductores de la grasa	7
2.3.1. Ingredientes basados en carbohidratos	8
2.3.1.1. Carbohidratos de esteres ácidos	9
2.3.1.2. Reemplazantes de grasa basados en almidón.....	9
2.3.2. Ingredientes reductores de grasa basados en proteínas.....	12
2.3.3. Ingredientes reductores de grasa basados en grasas	13
2.4. Sustitutos de carbohidratos	13
2.4.1. La fibra.....	13
2.4.2. Celulosa en polvo.....	14
2.4.3. Aplicaciones de la celulosa en polvo	15
2.4.4. Aplicación de celulosa en polvo en panes	17
2.5. Formulación para pastel	18
2.6. Influencia de los ingredientes en la reología de las masas.....	20
2.7. Textura.....	22

2.7.1. Fundamentos de las pruebas instrumentales de textura.....	25
2.7.2. Análisis de perfil de textura (APT).....	27
2.7.3. Efectos de las condiciones de prueba en los parámetros de APT	30
2.7.4. Prueba de Adhesividad.....	30
2.8. Propiedades texturales de masas	33
2.8.1. Influencia del proceso en la textura de la masas	33
2.8.2. Influencia de los ingredientes en la textura de la masa	34
III. JUSTIFICACIÓN	37
IV. OBJETIVOS	38
4.1. General.....	38
4.2. Específicos.....	38
V. HIPÓTESIS.....	38
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
6.1. Materia prima para elaborar el pastel	39
6.2. Elaboración del producto a nivel de laboratorio	39
6.3. Diagrama de flujo para elaboración del producto	40
6.4. Establecimiento del experimento	41
6.5. Métodos empleados para analizar las muestras	42
6.5.1. Caracterización de la harina de trigo	42
6.5.1.1. Determinación de proteína por el método Kjendhal	42
6.5.1.2. Determinación de fibra cruda	44
6.5.1.3. Determinación de cenizas	45
6.5.1.4. Determinación de grasa por el método de hidrólisis ácida	46
6.5.1.5. Determinación de humedad.....	47

6.5.2. Pruebas texturales para las masas	47
6.5.2.1. Análisis de Perfil de Textura.....	48
6.5.2.2. Prueba de Adhesividad o de Hoseney.....	48
6.5.2.3. Prueba de Extensibilidad.....	49
6.5.3. Métodos utilizados en el análisis del producto terminado	50
6.5.3.1. Prueba de comparación entre dureza y fracturabilidad	50
6.5.3.2. Evaluación sensorial afectiva	51
6.5.3.3. Métodos de análisis microbiológicos	52
6.6. Análisis de resultados	53
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	54
7.1. Análisis químico proximal de la harina de trigo suave.....	54
7.2. Análisis de perfil de textura (APT) en masas de harina de trigo bajas en grasa (maltodextrina) y carbohidratos (celulosa).....	55
7.3. Prueba de Adhesividad en masas de harina de trigo suave bajas en grasa (maltodextrina) y carbohidratos (celulosa)	58
7.4. Extensibilidad de masas de harina de trigo suave adicionadas con celulosa y maltodextrina para la elaboración de pastel	60
7.5. Análisis de textura a los pasteles elaborados a partir de las mezclas elegidas	62
7.5.1. Prueba de comparación entre dureza y fracturabilidad	62
7.6. Análisis químico proximal del producto.....	66
7.7. Evaluación sensorial afectiva	66

7.8.	Comparación entre los diferentes tipos de miga que presentaron las muestras analizadas	68
7.9.	Análisis microbiológicos de los pasteles testigo y formulación óptima (m.o. mesofílicos aerobios, hongos y levaduras)	71
VIII.	CONCLUSIONES.....	74
IX.	RECOMENDACIONES.....	76
X.	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de ingredientes reductores de la grasa	8
Cuadro 2. Composición de celulosa pulverizada (% en base húmeda)	14
Cuadro 3. Perfil nutricional típico de la celulosa en polvo.....	15
Cuadro 4. Carbohidratos totales, fibra dietética y calorías contenidas en alimentos preparados con celulosa en polvo comparados con una formulación estándar.....	16
Cuadro 5. Formulaciones típicas para la elaboración de mezclas para pasteles.....	19
Cuadro 6. Formas de reporte de resultados de textura	27
Cuadro 7. Porcentajes en base al 100%, de los ingredientes usados en la masa para pastel	39
Cuadro 8. Porcentajes de sustitución de las variables en la preparación de la masa.....	41
Cuadro 9. Análisis químico proximal de la harina de trigo suave	54
Cuadro 10. Influencia de la adición de celulosa y maltodextrina a la masa para pastel, en los parámetros de APT	57
Cuadro 11. Efecto de la celulosa y/o maltodextrina sobre los parámetros de la prueba de adhesividad en la masa para preparar pastel.....	59
Cuadro 12. Efecto de la adición de celulosa y/o maltodextrina sobre la extensibilidad de la masa para pastel	61
Cuadro 13. Efecto de la adición de sustitutos (celulosa y maltodextrina) en la dureza (g) en el producto al día 1 y 2 de su elaboración.....	63

Cuadro 14. Efecto del tiempo de almacenamiento en la dureza de los pasteles elaborados.....	64
Cuadro 15. Efecto de la adición de sustitutos (celulosa y maltodextrina) sobre la fracturabilidad (g) en el producto	65
Cuadro 16. Comparación del análisis bromatológico entre el pastel elaborado con la formulación óptima baja en grasa y carbohidratos y un producto comercial.....	66
Cuadro 17. Conteo total de unidades formadoras de colonias de m.o. mesofílicos aerobios en agar métodos estándar, durante 1 ^{er} , 2 ^{da} y 3 ^{er} semanas de almacenamiento a temperatura ambiente.....	72
Cuadro 18. Conteo de unidades formadoras de colonias a las 1 ^{er} , 2 ^{da} y 3 ^{er} semanas de almacenamiento de pastel de chocolate normal y reformulado, a temperatura de refrigeración (10°C, HR= 80%), conteo de hongos y levaduras	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de distribución de obesidad y sobrepeso en la población de México (ENSANUT, 2006).	3
Figura 2. Curva típica para prueba de APT (Texture Technologies, 2002)	28
Figura 3. Comportamientos típicos de materiales adhesivos (Texture Technologies, 2002)	32
Figura 4. Diagrama de flujo para elaboración de pastel de chocolate	40
Figura 5. Cuestionario empleado en la evaluación sensorial del pastel de chocolate	51
Figura 6. Grafica de la preferencia de los jueces durante el análisis Sensorial	67
Figura 7. Aspecto de la miga del pastel testigo	70
Figura 8. Aspecto de la miga de la muestra 10	70
Figura 9. Aspecto de la miga de la muestra 11	70
Figura 10. Aspecto de la miga de la muestra 12	70
Figura 11. Aspecto de la miga de la muestra 18	70

RESÚMEN

La vida moderna se ha vuelto *light*, basta caminar entre los pasillos de los supermercados, ver la televisión o leer cualquier revista y a nuestros ojos saltan infinidad de anuncios de productos bajos en grasa y más saludables. Dentro de esta gama de productos dietéticos, los más solicitados son los productos panificados.

El objetivo de este trabajo fue obtener una formulación adecuada para la elaboración de pastel de chocolate, que sea bajo en grasa y carbohidratos, con buenas propiedades organolépticas. Utilizando maltodextrina y celulosa como sustituto de grasa y carbohidratos para los pasteles, se obtuvieron diferentes mezclas, las cuales fueron analizadas mediante pruebas texturales y análisis físico químico, tanto para masa como para producto terminado, y la óptima fue aquella adicionada con 15% de maltodextrina y 15% de celulosa, esta formula fue similar al testigo en el análisis sensorial, además de haber tenido una buena vida de anaquel también con respecto al testigo y de acuerdo con la NOM-147-SSA1-1996.

I. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que para vivir necesitamos comer. Los distintos alimentos que componen nuestra dieta tienen como función aportarnos la energía y componentes estructurales necesarios para el funcionamiento de nuestro organismo. Entre los nutrientes que nuestro cuerpo necesita están los carbohidratos que se presentan en forma de azúcares, almidones y fibras, además de ser uno de los tres principales macronutrientes que nos aportan energía (los otros son la grasa y las proteínas). En los últimos años, ha habido grandes avances en lo que respecta a la comprensión de cómo influyen los carbohidratos y las grasas en la nutrición y la salud humana (Beltrán, 1995 y O'Brien, 1977).

La vida moderna se ha vuelto *light*, basta caminar entre los pasillos de los supermercados, ver la televisión o leer cualquier revista y a nuestros ojos saltan infinidad de anuncios de productos bajos en grasa y más saludables. Dentro de esta gama de productos dietéticos, los más solicitados son los productos panificados, y si bien hay en el mercado varios tipos de pan blanco o integral, bajos en grasa, no existe aun la tecnología para preparar bizcochos o pastelitos *lights* (Beltrán, 1995).

La epidemia de la obesidad ha nivel mundial (www.ift.org) ha planteado a la industria alimenticia un gran desafío: elaborar comidas de exquisitos sabores, texturas, consistencias y olores, que no engorden, para cumplir el sueño inalcanzable de comer sin dañar la salud y la apariencia física (Medina, 1991).

Una tendencia moderna es la de cuidar la salud, por lo que los consumidores cada día intentan reducir su consumo de grasas con el fin de disminuir el riesgo de contraer enfermedades mortales como cáncer, obesidad, diabetes, afecciones coronarias. En México la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006

(ENSANUT, 2006) reveló que el sobre peso y la obesidad son los problemas mas graves en la población mexicana, ya que juntos afectan al 72% de mujeres y al 68% de hombres mayores de 30 años. En total, el 70% de los mexicanos padecen algún problema de peso. La obesidad ataca por si sola al 35% de las féminas y al 25% de los varones, (30% en promedio), mientras que el sobrepeso se da en 43% hombres y 37% mujeres, (40% en promedio); los datos anteriores se muestran en la Figura 1.

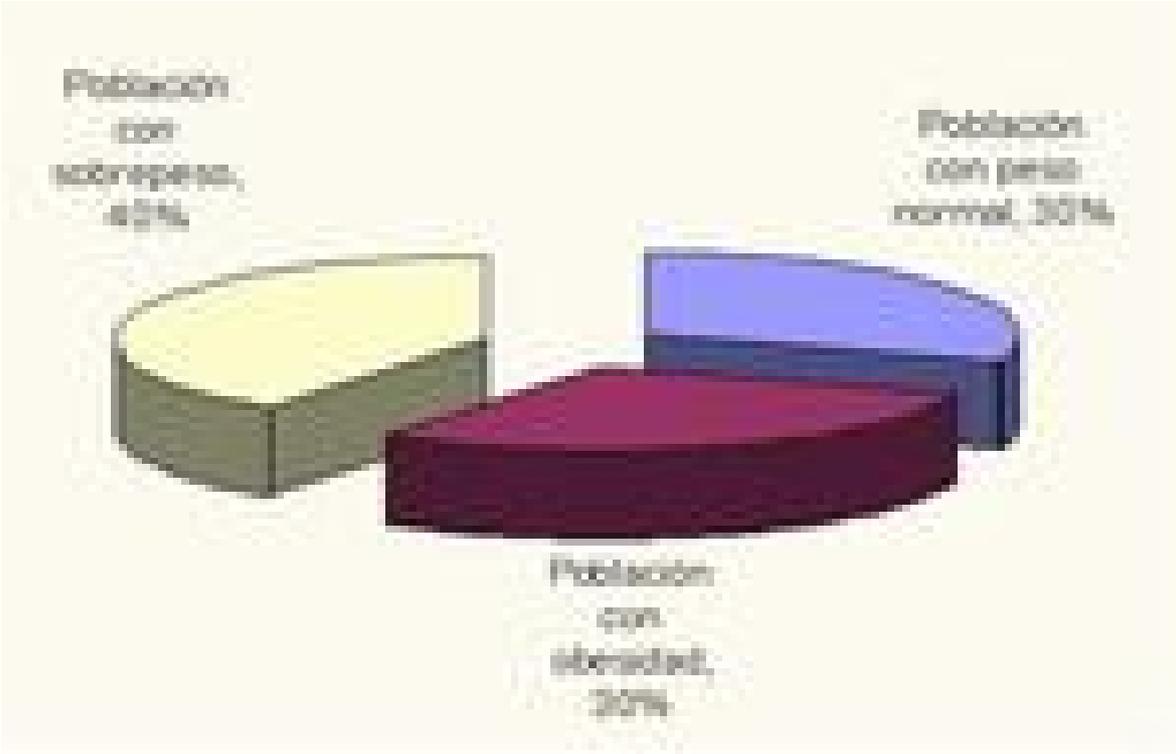


Figura 1. Gráfica de distribución de obesidad y sobrepeso en la población de México (ENSANUT, 2006).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Función de las grasas en los alimentos

La grasa de los alimentos es fundamental para aportar textura y sabor, factores que afectan la aceptación de cualquier alimento. Reducir el contenido graso en los alimentos sin perder el sabor o la textura ha sido siempre un desafío mayor. Usando ingredientes que imiten las funciones de la grasa o utilizando grasas modificadas que son solo parcialmente digeridas y absorbidas, o no absorbidas, los fabricantes han comenzado a dominar este desafío, sin embargo debido a que la grasa cumple diferentes funciones, la tarea es compleja y consta de una variedad de estrategias e ingredientes (www.nutrinfo.com.ar).

2.2 Sustitutos y reemplazantes de grasa

La composición de macronutrientes de la dieta puede estar influenciada por el hambre, consumo de alimentos, peso corporal, composición del cuerpo (Rolls, 1995). La grasa, en vez de los carbohidratos, han sido los macronutrientes mas asociados con la sobrealimentación y la obesidad. La grasa es con frecuencia consumida en exceso por que es altamente palatable y proporciona un alto nivel de energía por volumen de alimento (www.nutrinfo.com.ar).

Esta revisión se enfocará en los sustitutos de grasa y reemplazantes de grasa como aditivos y/o aditivos potenciales en alimentos. Los términos *reemplazantes de grasa* y *sustituto de grasa* han sido diferenciados en un trabajo realizado por Miraglio (1995). Los reemplazantes de grasa son usados para denotar un ingrediente que suple alguna o todas las funciones de la grasa y puede o no

proporcionar valor nutricional; mientras que un sustituto de grasa “suple” todas las funciones de una grasa con esencialmente ninguna contribución de energía. Sin embargo, estos términos, serán usados intercambiabilmente para servir al mismo propósito primario – reducción de grasas calóricas en la dieta.

Las grasas contribuyen a la apariencia, gusto, aroma, lubricación, textura y sabor de muchos productos alimenticios; ya que proporcionan ácidos grasos esenciales y sirven como medio de transporte de vitaminas lipofílicas (Akoh, 1995; Artz y Hansen, 1996 a,b). La cantidad y tipo de grasas presentes en alimentos determinan las características de los alimentos y la aceptación del consumidor. Un reemplazante de grasa ideal debe ser completamente seguro y fisiológicamente inerte para archivar una grasa sustancial y reducción de calorías manteniendo la función deseada y propiedades sensoriales de un producto convencional alto en grasa (Grossklaus, 1996). Históricamente, las grasas dietarias y aceites han sido considerados como fuente primaria de energía sin considerar efectos para la salud de sus complementos específicos de los ácidos grasos y esteroides (Glueck y col., 1994) y generalmente cuenta con cerca del 38% del total de calorías en la dieta de poblaciones del oeste, especialmente de los E.U. (Akoh, 1995). Sin embargo, el consumo de grasas dietarias mayores al 11% del consumo de calorías totales se desarrolló después de la domesticación de mamíferos y la subsiguiente educación selectiva de animales engordados genéticamente (Garn, 1997).

Aunque son muchas las recomendaciones nutricionales estas permanecen en controversia, en un consenso entre salud y nutrición profesional, muchos americanos deben reducir sus consumos de grasa dietaria y modificar su composición (Gershoff, 1995). La relación de grasa dietaria y colesterol para

enfermedad coronaria del corazón es apoyado por un extensivo y consecuente análisis clínico, epidemiológico, metabólico y evidencia animal. Estudios indican fuertemente que la formación de arteriosclerosis, lesiones en arterias coronarias se incrementan en proporción a los niveles totales de grasa y de lipoproteínas de baja densidad (LDL), colesterol en la sangre, los cuales vuelven a incrementarse por dietas altas en grasas totales (Glueck y col., 1994). La restricción de alimentos grasos es un medio eficaz de reducción de calorías consumidas y esta de acuerdo con las metas de salud pública para reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Borzelleca, 1996; Degraaf y col., 1996). De esta manera, las grasas dietarias son actualmente la preocupación número uno en la nutrición de los americanos. En respuesta a la creciente demanda de los consumidores por alimentos reducidos en grasa, la industria alimentaria ha desarrollado una multitud de versiones sin grasa, bajos en grasa y reducidos en grasa de productos alimenticios regulares. Se han generado productos reducidos en grasas o libres de grasa, los cuales tienen características organolépticas iguales a las versiones regulares con grasa, alimentos manufacturados frecuentemente emplean sustitutos de grasa en la formulación de estos alimentos (Miller y Groziak, 1996). Los sustitutos de grasa son hechos de cualquier carbohidrato, proteína o grasa, o una combinación de estos componentes. Muchos de los sustitutos de grasa contienen en su formulación carbohidratos y proteínas, y ninguno recibió el estatus GRAS (Reconocido Generalmente como Seguro) de la Administración de Alimentos y Medicinas (EDA) (Artz y Hansen, 1996b).

Los sustitutos de grasa reemplazarían una porción significativa de grasas dietarias y llegan a ser tan semejantes como sustitutos de macronutrientes (Borzelleca,

1996). Por lo tanto, la seguridad de estos materiales debe ser estabilizada, extensamente, probándola previamente para su aprobación por la FDA (Food and Drug Administration) y su introducción y suministro en alimentos (Artz y Hansen, 1996b).

2.3 Tipos de ingredientes reductores de la grasa

Es posible reducir el contenido de grasa en algunos alimentos removiéndola directamente, como se hace por ejemplo, en la producción de leche descremada o con bajo contenido de grasa, o cuando se retira la grasa de las carnes. Sin embargo, por lo general la grasa juega un papel integral en los alimentos. Si simplemente la retiramos estaríamos también quitando el sabor y la aceptación de un alimento (www.nutrinfo.com.ar).

Algunos ingredientes que reemplazan a las grasas son combinaciones de componentes alimenticios comunes (agua, hidratos de carbono o proteínas) que logran textura y el sabor deseados en un producto con un contenido reducido de grasa. De hecho, lograr reducir la grasa puede ser el resultado del uso de varios ingredientes y de la aplicación de técnicas de procesamiento, o mediante el uso de un ingrediente único usado como sustituto de grasa. En la actualidad se están desarrollando moléculas con apariencia y propiedades físicas similares a las de las grasas pero de baja digestibilidad y absorción de modo que pueden ser utilizados como sustitutos bajos en calorías.

Los ingredientes que reducen la grasa pueden clasificarse en tres categorías: basados en hidratos de carbono, basados en proteínas y basados en grasas. En el

Cuadro 1 se incluye una lista de los ingredientes reductores de la grasa divididos de acuerdo con esta clasificación.

Cuadro 1. Tipos de ingredientes reductores de la grasa

<i>Tipo De Ingrediente</i>	<i>Ingrediente</i>
Basados en carbohidratos	Carragenina, celulosa, gelatina, goma gelana, geles, goma guar, maltodextrinas, polidextrosa, almidones, goma xantana, fibras dietarias modificadas
Basados en proteínas	Concentrado de proteína del suero vacuno
Basados en grasas	Caprenin, Salatrim, monoglicéridos y diglicéricos, “Olestra”.

Fuente: www.nutrinfo.com.ar

2.3.1. Ingredientes basados en carbohidratos

Los almidones modificados maltodextrina y dextrina absorben el agua y forman geles que imitan la textura y la percepción de la grasa en la boca. La polidextrosa, un polímero de la glucosa, actúa como agente que aporta volumen para reemplazar parte del volumen que se pierde cuando se retiran las grasas o los azúcares de los alimentos. También ayuda a que los alimentos retengan la humedad. Las gomas proporcionan la sensación cremosa en la boca y ayudan a estabilizar las emulsiones como los aderezos líquidos para ensaladas y otros tipos de condimentos más espesos con bajo contenido de grasa. El gel de celulosa es una forma purificada de celulosa molida en micropartículas que proporcionan una sensación en la boca similar a la de la grasa en productos tales como postres congelados, salsas y aderezos para ensaladas. La maltodextrina seca proporciona 4 cal/g. Sin embargo, cuando se le hidrata su densidad calórica disminuye a una ó dos cal/g del producto terminado. Otros hidratos de carbono como la celulosa y la

goma xantana son digeridos por las bacterias que habitan en la parte inferior del intestino y prácticamente no aportan calorías (www.nutrinfo.com.ar).

2.3.1.1. Carbohidratos de esteres ácidos

Los sustitutos de grasa basados en carbohidratos incluyen la polidextrosa, los azúcares alterados, los derivados de almidón, la celulosa y las gomas. Estos pueden ser obtenidos del arroz, trigo, maíz, avena, tapioca, papa y pueden reemplazar del 50 al 100% de la grasa en los alimentos (Glueck y col., 1994). Los reportes de la síntesis de carbohidratos y de ácidos grasos esteáricos han sido publicados por varios grupos (Akoh y Swanson, 1989a, b, 1994; Drake col., 1994d; Rios y col., 1994). En estos existe la información de que los poliésteres de ácidos grasos con un grado de sustitución se comportan como compuestos lipofílicos no digeribles, no absorbibles y se convierten en moléculas grasas con propiedades físicas y químicas de grasas y de aceites convencionales, por estas características suelen ser referidos como sustitutos de grasa de bajas calorías (Akoh, 1994a, 1995).

2.3.1.2. Reemplazantes de grasa basados en almidón.

Los reemplazantes de grasa derivados de almidón son esencialmente maltodextrinas. Son producidos parcialmente de manera enzimática o por hidrólisis ácida del almidón y son completamente digeribles. Las maltodextrinas equivalentes de baja dextrosa (DE) tienen propiedades funcionales, diferentes a la de los productos con alta DE. Los almidones y azúcares contienen 4 kcal/g, pero generalmente son usados en concentraciones mucho menores al 100%, el

contenido calórico actual es típicamente 0.5 a 2 Kcal/g los ejemplos de almidones y azúcares son: Licadex-100 y Licadex-200 de Roquette Freres; Crestar SF de Euro Centre Food; N-Lite, Instant N-Oil, y N-Oil II de Nacional Starch Co.; Maltrin M040 de Grain Processing Corp.; Paselli SA-2 de Avebe America, Inc.; Tapiocaline de Tripak; Star Dri, Steller, y Sta-Slim de A.E. Stanley; Amalean I de American Maize Products y Rice-trin de Zumbro. Típicamente forman una solución viscosa fluida o un suave gel cuando se hidratan. Licadex es un almidón de maíz hidrolizado enzimáticamente basado en maltodextrina. La concentración comunmente usada es 20% y no es gelificante. Las aplicaciones propias incluyen salsas y aderezos. Maltrin M040 es una maltodextrina (DE=5) hecha de almidón de maíz (Frye y Setter, 1993; Tamime col., 1994), los cuales son solubles en agua caliente. Una solución conteniendo 30-50% de sólidos produce un gel termorreversible con un sabor suave y textura similar a aceites hidrogenados para mantequilla. Según la manufactura puede ser usado para productos lácteos, alimentos congelados, salsas, aderezos, productos confitados y mezclas secas. Paselle SA-2 es una maltodextrina derivada de almidón de papa (Frye y Setter, 1993; Anonymus, 1989). Si forma un gel termorreversible, brillante y blanco con un fluido, textura y gusto neutral. El gel es estable con grasas y aceites contenidos en el producto. Un gel es formado a concentraciones por encima de 20% y el gel aumenta su fuerza con un incremento en la concentración.

N-Oil es una maltodextrina basada en tapioca (Frye y Sester, 1993; Anonymus, 1989). Una versión instantánea, N-Oil II, puede ser usada en alimentos, de los cuales ninguno requiere un proceso de calentamiento térmico, una temperatura alta, o un procesamiento térmico. N-Oil es estable al calentamiento y puede

resistir temperaturas altas y condiciones de ácido. En frío, una solución N-Oil soluble en agua caliente desarrollara una textura similar a las grasas hidrogenadas.

El sustituto de grasa como el Amalean I es un almidón de maíz modificado con alta amilasa usada relativamente en bajas concentraciones (8%) comparada con las maltodextrinas. Un gel para reemplazar grasa puede ser preparado por el calentamiento de una pasta a 88-90°C por 3 min. El Amalean II esta disponible para aumentar la aireación de la grasa.

Sta-Slim es un almidón modificado diseñado para proveer una textura cremosa para un amplio rango de productos alimenticios. En contraste a otros productos, es usualmente procesado como un líquido caliente en la formulación. Es preparado como una baja concentración de 3-20% y calentando con agitación a 65-71°C hasta la completa solubilización del almidón. Es recomendado para usar en vinagreta, productos de queso y sopa.

Stellar es un gel de almidón de maíz microparticulado usado en pasteles, bocadillos, margarinas, alimentos de carne, vinagretas y otros productos selectos. (Anonymous, 1991; Frye y Sester, 1993).

Los productos basados en fibra incluyen gomas, celulosa, hemicelulosa, pectinas, β -glucanos y ligninas. Estos provienen de una amplia variedad de fuentes, incluyendo cereales, frutas legumbres, frutas secas y vegetales. Las gomas no son típicamente usadas como sustitutos de grasa directamente, mejor dicho son usadas en bajas concentraciones (0.1-0.5%) para formar geles que incrementan la viscosidad en los productos. Agar, alginato, goma arábica, carragenina, goma guar, pectinas de alto y bajo metoxilo, goma xantana, y derivados de celulosa

pueden todos ser potencialmente usados. Los derivados de celulosa usados incluyen α -celulosa, carboximetil celulosa, hidroxipropil celulosa, celulosa microcristalina y metil celulosa (Frye y Sester, 1993). Los geles producidos por los derivados de celulosa tienen diferentes propiedades funcionales de las grasas, las que incluyen la cremosidad, sensación grasa, estabilidad, modificación de la textura, incremento de la viscosidad, y apariencia brillante de las grasas en emulsión.

2.3.2. Ingredientes reductores de grasa basados en proteínas

Algunos ingredientes basados en proteínas se fabrican aplicando procesos que otorgan a estas ciertas propiedades de textura similares a las grasas. Las proteínas se calientan y mezclan a alta velocidad para producir minúsculas partículas que son percibidas como cremosas por la lengua. Este proceso se denomina microparticulación. Además de estimular la sensación de la grasa en la boca, los ingredientes basados en proteínas también pueden ayudar a estabilizar las emulsiones en las salsas, productos untables y aderezos para ensaladas que, a su vez ayudan a retener la humedad de los alimentos. Entre las fuentes de estos ingredientes se incluyen la soya, el suero vacuno y la clara de huevo. Los ingredientes para reducir el contenido graso pueden usarse en una variedad de productos, como por ejemplo, quesos, mantequilla, mayonesa, aderezos para ensaladas, postres lácteos congelados, crema agria y productos horneados (www.nutrinfo.com.ar).

2.3.3. Ingredientes reductores de grasa basados en grasas

Algunos ingredientes basados en grasas son en realidad grasas procesadas para que aporten menos calorías y menor cantidad de grasa al organismo. Otros son modificados estructuralmente para no proporcionar calorías y tampoco grasas. Tal como sucede con otros ingredientes que ayudan a reducir el contenido de grasas, los ingredientes basados en grasas son muy versátiles y pueden usarse en una amplia variedad de alimentos, como por ejemplo, productos horneados, queso, chocolate, confituras, margarina, botanas saladas, crema agria y aderezos untables (www.nutrinfo.com.ar).

2.4 Sustitutos de carbohidratos

2.4.1. La fibra

La FDA desarrolló una definición formal para la fibra dietética. En términos de la funcionalidad, es útil definir la fibra como soluble o insoluble, la fibra insoluble viene de los sistemas acuosos de los remanentes de las paredes de la célula de la planta, mientras que la fibra soluble se encuentra sobre todo en el espacio entre las paredes de la célula llamadas la laminilla media. La fibra insoluble se compone de celulosa, hemicelulosa, y lignina. La celulosa es un polímero puro de moléculas de la glucosa ligadas exclusivamente a través de los enlaces no digestible β -1,4.

La hemicelulosa es un polisacárido ramificado de muchas diversas azúcares. La fibra soluble se compone de polisacáridos complejos ramificados tales como β -glucanos, pectinas, gomas, y un poco de hemicelulosa. La celulosa, y la mayoría del hemicelulosa y lignina, son asociados con polímeros estructurados pseudo-

cristalinos ligados por las fuerzas moleculares puentes de hidrógeno que no son interrumpidas por el agua y son por lo tanto insolubles en líquido gastrointestinal y son mal fermentadas por la microflora del intestino. La fibra soluble es hidrofílica, no cristalina, y fácilmente mojada por el líquido gastrointestinal acuoso, formando la dispersión coloidal viscosa o geles cuando esta hidratada. La fibra soluble es fermentada extensivamente por la microflora del intestino (Crosby y Ang, 2005).

2.4.2 Celulosa en polvo

La celulosa en polvo se produce moliendo la celulosa pura a diferentes tamaños de partícula. La celulosa pulverizada es la forma más pura de fibra insoluble, conteniendo el nivel más alto de celulosa y la menor cantidad de hemicelulosa, de lignina, y de ceniza según lo demostrado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de celulosa pulverizada (% en base húmeda)

Fibra	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Cenizas	Fibra Dietética Total*
Celulosa en polvo	97	2	0.4	0.1	99
Cáscara de soya	77	15	3	2	92
Cáscara de avena	70	22	3	2	90
Fibra de trigo	74	25	0.5	3	97

* Determinada por AACC método 32-05
Fuente: Crosby y Ang, 2005.

Sobre una base del peso seco, la celulosa pulverizada contiene más del 99% de la fibra dietética insoluble, según la American Association of Cereal Chemists Approved método 32-05 (AACC, 2000). La celulosa en polvo por lo tanto, no

proporciona ninguna caloría al alimento, haciendo mas eficaz la fibra, para reducir el contenido en energía del alimento (Vetter, 1994). El perfil alimenticio típico de la celulosa pulverizada se demuestra en el Cuadro 3.

Al formular los alimentos con celulosa pulverizada, se puede agregar más agua que con las otras fibras de celulosa. Esto reduce no sólo costos, sino que además, significa que el número total de gramos de carbohidratos en el producto será menor. Por lo tanto, la adición de la celulosa en polvo y del agua aumenta no sólo el contenido dietético total de la fibra del alimento, sino también reduce el número total de calorías y los gramos de carbohidratos sobre el peso base. Esto es una fórmula sana para ayudar a que los americanos pierdan peso (Crosby y Ang., 2005).

Cuadro 3: Perfil nutricional típico de la celulosa en polvo

COMPONENTE	VALOR TÍPICO	COMPONENTE	VALOR TÍPICO
Calorías (Kcal./g)	0	Cenizas (%, 800°C)	0.1
Fibra dietética total (% en base húmeda)	> 99*	Humedad (%)	3-5
Grasa total (%)	0	Sodio (ppm)	500-700
Colesterol (%)	0	Calcio (ppm)	100
Proteína (%)	0	Hierro (ppm)	100

* Toda insoluble

Fuente: Crosby G.A. & Ang J.F. 2005.

2.4.3 Aplicaciones de la celulosa en polvo

Tal como un polímero puro de glucosa, la celulosa en polvo funciona como un efectivo sustituto para una porción significativa de azúcares de rápida absorción y

almidón en una amplia variedad de productos de harina. Por su porosidad y su estructura fibrosa proporciona una alta capacidad de retención de agua (WHC por su significado en inglés Water Holding Capacity), también proporciona un calor estable para mantener la forma física y la textura del buen horneado, como en los panes, bollos galletas, bizcochos y pizza (Crosby y Ang., 2005), no cambia el sabor ni el color, además de que esta libre de calorías. La celulosa en polvo esta disponible en un amplio rango de tamaño de partículas para conservar el gusto deseado. Los carbohidratos, la fibra y las calorías contenidas en la harina seleccionada formulada con celulosa en polvo, comparados con las formulaciones estándar se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Carbohidratos totales, fibra dietética y calorías contenidas en alimentos preparados con celulosa en polvo comparados con una formulación estándar.

Alimento	Porción (g)	Carbohidratos (g)		Fibra dietética (g)		Calorías (Kcal.)	
		Celulosa	Estándar	Celulosa	Estándar	Celulosa	Estándar
Pan	28	7.5	14	2.0	0.6	61	76
Pan para hamburguesa	53	18.5	27	5.5	1.4	120	152
Corteza de pizza	28	7	15	2.0	0.7	45	77
Bagel	68	20.7	36	5.4	1.6	115	187
Tortilla de harina	36	10.6	20	6.6	1.2	61	115
Pasta	28	10.0	23	2.0	1.4	71	115

Fuente: Crosby y Ang, 2005.

Adicionando celulosa en polvo en combinación con varias fuentes de proteínas como el gluten de trigo, soya y el aislado de proteína de trigo, sustituyen una porción de la celulosa y contiene altos niveles de proteína como la formulación estándar. En todos los casos, la adición de celulosa en polvo incremento significativamente el contenido de fibra, mientras reduce carbohidratos totales y calorías totales y calorías contenidas.

2.4.4 Aplicación de celulosa en polvo en panes

El uso de la celulosa en polvo y el agua adicional usada en una formulación típica de pan, por el método de esponja-masa, dan como resultado un pan que contiene cerca del 46% menos de carbohidratos totales, 20% menos de calorías y más de 3 veces del nivel de fibra dietética que una formulación estándar. La proteína contenida es incrementada a 6.5 g/ porción, comparada a 2 g de la formulación estándar. La vieja frase “una caloría, es una caloría” se refiere al hecho de que por cada caloría de energía consumida, una caloría debería ser quemada, para mantener un balance de energía y evitar ganar peso o perderlo. Desafortunadamente no es posible mantener un perfecto balance de energía. Consumiendo más fibra en la dieta es una forma de tratar de conseguir este resultado. El uso de suplementos de fibra en alimentos procesados es una forma conveniente y barata para introducir más fibra en la dieta. La celulosa en polvo contiene el más alto nivel de fibra dietética en algunos ingredientes de alimentos aprobados. Además es uno de los mejores ingredientes para introducir agua en los alimentos. Esta nueva formulación reduce la cantidad de energía contenida en los alimentos (Crosby y Ang, 2005).

2.5 Formulación para pastel

Al igual que las formulaciones para galletas dulces, las mezclas para manufacturar pasteles contienen una alta cantidad de azúcar y manteca vegetal (Cuadro 5). La cantidad de azúcar iguala o inclusive supera la de la harina, por lo que estas formulaciones son industrialmente denominadas de alta proporción. A diferencia de las formulaciones para galletas, los pasteles son elaborados con una alta cantidad de agua, de tal manera que no se produce una masa sino un batido. Dado a la mas alta cantidad de agua, el almidón de la harina hidratada se gelatiniza completamente durante el horneado sirviendo para dar la estructura interna típica del producto (Serna. 1996). La mayoría de las mezclas para pasteles contienen además agentes leudantes y otros ingredientes que ayudan a la textura y sabor del producto. La grasa ayuda a atrapar el aire durante la operación de batido. Esto es de suma importancia ya que el aire atrapado está relacionado con el volumen y textura interna del producto horneado. El común denominador de las harinas destinadas a pastelería es que son preferentemente clorinadas; es decir, están blanqueadas, acidificadas (pH = 5) y poseen un gluten químicamente modificado para obtener una mejor funcionalidad y textura interna del producto horneado. Una importante consideración es la incorporación de minúsculas burbujas de aire durante el batido, los cuales se agrandan por la contribución del gas generado por el polvo de hornear (generalmente de acción doble) durante las etapas de batido, reposo y proceso térmico de horneado (Serna. 1996).

Cuadro 5. Formulaciones típicas para la elaboración de mezclas para pasteles.

Ingredientes	Blanco	Ángel	Chocolate	
Harina	100	100	100	100
Azúcar	100	500	150	150
Manteca vegetal	45	-	60	55
Agua			100	130
Huevo			70	
<i>Entero</i>	-	-	-	60
<i>Albumen o clara</i>	60	500		15
Leche		-		
<i>Polvo entera</i>	40	-	-	-
<i>Polvo descremada</i>	-	-	15	20
Polvo para hornear	6	-	6	4
Sal	2.5	-	4	5
Chocolate				
<i>Liquido</i>	-	-	20	-
<i>Cocoa en polvo</i>	-	-	-	20

Fuente: Serna. 1996

Las proteínas del huevo propiamente batidas actúan como agente atrapador de aire, por lo tanto afectan el volumen y textura del producto terminado. Los agentes emulsificantes y tensoactivos como el propilen-glicol disminuyen la tensión superficial desde la fase acuosa mejorando todavía mas la incorporación del aire. Un buen pastel debe tener suficiente viscosidad para impedir que los gránulos de almidón más pesados se precipiten de tal manera que se evite la formación de pasteles defectuosos. La mayoría de las formulaciones para pastel contiene leche en polvo, cuya funcionalidad es impartir sabor y dar color dorado al producto terminado. Los pasteles generalmente se hornean a 180-190°C por tiempos que varían de 25-35 minutos dependiendo principalmente del tamaño de pastel y volumen de la forma (Serna. 1996).

2.6 Influencia de los ingredientes en la reología de las masas.

La leche ayuda a contrarrestar la acidez causada por la fermentación, ya que así se prolonga ligeramente, también contribuye a obtener un pan mas suave, le imparte un sabor agradable y mejora sus propiedades de conservación y aporta importantes minerales, vitaminas y proteínas. La grasa de la leche lubrica y suaviza el gluten (USWA, 1985; USWA, 1985b). El huevo imparte a los panes color atractivo y gusto grato al paladar, además aportan proteínas adicionales a la estructura del gluten y actúan como un estabilizador de la emulsión de agua y aceite (USWA, 1985b). Las funciones del huevo y la leche, se deben a su contenido de sólidos. La clara tiene importancia debido a su capacidad de formar espuma al ser agitada. Al batirla parte de las proteínas que contiene se desnaturalizan y forman una malla de proteínas que atrapa el aire y así aumenta el volumen de aquellas. La yema forma una espuma poco abundante, que es más bien una emulsión de agua y aceite y no una proteína parcialmente desnaturalizada. Cuando se bate el huevo entero, reacciona mas como la yema que como la clara (USWA, 1985b).

Al respecto Fu y col. (1997) estudiaron el efecto de la grasa en las masas de harina de trigo encontraron que este ingrediente empleado para aumentar la plasticidad, sin incrementar el carácter pegajoso que puede ser indeseable en los procesos de laminado, como hace el agua, empleando alrededor del 5%. El efecto de electrolitos en la reología de la masa esta basado en le agregación de las proteínas de gluten. El sulfato de sodio tiene al igual que el cloruro de sodio un efecto fortificante de la estructura de la masa, también la acción de iones de fosfato y potasio (sulfato de aluminio y potasio y sulfato de aluminio) disminuyen

la habilidad de la masa para retener gas, lo que ocasiona una disminución en el volumen de la hogaza, sin embargo, en niveles apropiados, el sulfato de aluminio y sodio no deterioran la habilidad de la masa para retener gas (Holmes y Honesey, 1987). La sal tiene efecto en el sabor, ayuda a controlar la fermentación y presenta un efecto directo en la reología de la masa (Pizzanato y Hoseneey, 1980). La adición de agentes oxidantes tales como el H_2O_2 , bromato de potasio, ácido ascórbico y azodicarbonamida a la harina de trigo tiene efectos en la reología de la masa. Estos oxidantes, cuando se usan en niveles óptimos forman una masa mas elástica y mejoran la calidad del pan (mayor volumen de hogaza y mejor tamaño de miga) (Dong y Hoseneey, 1985; Liao et al., 1998). El bromato de potasio se utiliza principalmente en las masas de harinas con alto contenido de proteínas, para producir panes en los que conviene una fermentación prolongada, produce una malla de gluten mas fuerte y da a la hogaza terminada mayor volumen, mas asimetría y mejor textura (USWA, 1985).

Otros aditivos de uso común en productos de panificación para modificar las propiedades reológicas y texturales de la masa y el producto terminado se mencionan a continuación: en la harina de trigo el nivel de α -amilasa es muy bajo, y es común su adición en la industria de la panificación para aumentar el volumen de la pieza, mejorar la textura de la miga y disminuir defectos como “el ojo de cerradura” (contracción de las paredes laterales). Para alargar la vida de anaquel del producto terminado se emplean emulsionantes como los α -monoglicéridos en concentraciones del orden de 0.5% del peso de la harina. El estearoil lactilato sódico, los monoglicéridos etoxilados, esteres del ácido diacetiltartarico con mono y diglicéridos entre otros se emplean para fortalecer la masa en dosis de 0.5% del

peso de la harina para que resista los excesos mecánicos en las líneas de producción (Kent, 1987) y disminuir la firmeza del pan (Roach y Hosenev, 1985).

2.7 Textura

Se consumen alimentos básicamente por la necesidad del organismo de nutrimentos, pero el comer también entendido por el hombre como un placer. En este sentido, el hombre juzga sensorialmente la calidad de los alimentos que consume con base en atributos, que se perciben por medio de los sentidos, los cuales son procesados en el cerebro como una impresión global de la calidad. Debido a la importancia de la textura en la calidad de los alimentos, se han hecho importantes esfuerzos por sistematizar su evaluación ya sea desde el punto de vista sensorial, así como por métodos instrumentales. Las propiedades o características de textura han sido clasificadas en función de las propiedades físicas del material en: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Además se pueden clasificar también por el orden en que se perciben durante el consumo en: atributos de percepción inicial, percepción inicial en el paladar, de masticación y residual (Bourne, 1982).

Estos atributos se utilizan para reportar los resultados de las evaluaciones de textura tanto instrumentales como sensoriales, y para tener una idea más clara de lo que cada atributo describe, se definen a continuación desde el punto de vista físico y sensorial algunos de ellos. La definición física tiene que ver con el tipo de prueba que se implementa a nivel instrumental, mientras que la definición sensorial está descrita tal como debe entenderla un juez al momento de evaluar el atributo durante el consumo (De Man, 1976; Bourne, 1982).

Las definiciones de atributos mecánicos pueden hacerse a nivel general, ya que la mayoría de los productos los presentan, sin embargo, los atributos geométricos y de composición son específicos para algunos productos como lácteos y productos grasos y sus definiciones están dadas en función de productos particulares.

Definiciones físicas y sensoriales de atributos de textura (Bourne, 1982):

DUREZA:

Física: fuerza necesaria para una deformación dada.

Sensorial: fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólidos).

COHESIVIDAD:

Física: que tanto puede deformarse un material antes de romperse.

Sensorial: grado de compresión de una sustancia entre los dientes antes de romperse.

ELASTICIDAD:

Física: tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante.

Sensorial: grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes.

ADHESIVIDAD:

Física: trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto.

Sensorial: fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo.

Como la textura se manifiesta en diferentes etapas se recomienda evaluar primero la textura del alimento apretándolo entre los dedos, después mordiéndolo, dándole un segundo mordisco, masticándolo, al tragarlo y por último, en la etapa residual, o sea la sensación que queda después de haber terminado. Se ha observado que las propiedades mecánicas primarias generalmente se manifiestan y perciben en la fase de apreciación táctil manual, o al dar el primer mordisco, mientras que las de geometría y las mecánicas secundarias son destacadas más frecuentemente en las etapas masticatorias, deglutiva y residual (Hansen y Sester, 1990).

Las pruebas de perfil de textura se deben llevar a cabo con paneles de jueces entrenados. La prueba requiere que primero se defina la terminología y se estructuren las escalas que han de utilizarse, para posteriormente evaluar el producto. Es importante subrayar aquí, la importancia que tiene la definición de cada atributo que se desea evaluar dando a los jueces un patrón de referencia de consumo común en el lugar en que se realicen las pruebas (cada país, cada región tiene sus propios patrones y terminología, siendo diferente la respuesta, aun en el mismo idioma). Además de las condiciones específicas que deben cubrir las pruebas sensoriales como son: la hora en que se realizan las pruebas, la frecuencia, el lugar, la iluminación, etc. Las pruebas de perfil de textura tienen características que se deben considerar cuando se desea hacer una evaluación más precisa de la textura (Rosenthal, 1999).

2.7.1. Fundamentos de las pruebas instrumentales de textura.

Bourne (1982) menciona que independientemente de los variados instrumentos utilizados en las pruebas de textura, todos tienen principios comunes, como el empleo de dispositivos (cilindros, placas, cuchillas, esferas, etc.) tiempos y velocidad de prueba, y un modo de operación de los equipos para el desarrollo de la prueba (en tensión o compresión). Debido a las variadas posibilidades para desarrollar una prueba se requiere especificar claramente las condiciones en que se llevara a cabo. Para tener una mayor posibilidad de comparar y reproducir pruebas, a este conjunto de especificaciones se les denomina protocolo de prueba.

PROTOCOLO DE PRUEBA: se refiere al procedimiento a seguir para efectuar una prueba en una muestra determinada. Se establece en base al tipo de instrumento, la muestra y la información que se desea obtener de la misma. Comprende los siguientes puntos:

- Selección del dispositivo.
- Selección de las dimensiones de la muestra.
- Historia de la muestra.
- Velocidad de la prueba.
- Tiempo.
- Numero de veces que se repite la prueba.
- Temperatura a la que se efectuara la prueba.
- Otros específicos del instrumento.

Las variables antes mencionadas son las mas comunes en la mayoría de los instrumentos y generalmente, el operario determina las variables a controlar y sus magnitudes en función del tipo de alimento y el atributo de textura que se desea evaluar (dureza, fracturabilidad, adhesividad, etc.). Es indispensable que se reporten sistemáticamente todos los elementos contenidos en el protocolo y que solo se comparen muestras efectuadas bajo condiciones iguales de protocolo (Casas y Ramírez, 1999).

Control de la prueba: En función del protocolo establecido, las variables a controlar en una prueba pueden ser: fuerza, distancia, tiempo y velocidad:

- Fuerza: con pesas, neumática, hidráulica, mecánica, computarizada.
- La distancia: manual, electrónica, computarizada.
- El tiempo: con cronometro, digital, computarizado.
- Velocidad: mecánica, computarizada.

Registros de datos

Dependiendo del tipo de instrumento de que se trate, el registro de los resultados puede ser:

- Indicadores de carátula (distancia, fuerza), micrómetros (distancias).
- Digital (fuerzas, distancias, tiempos).
- Cronómetros mecánicos, cronómetros electrónicos.
- Graficadores (curvas fuerza-tiempo, distancia-tiempo).
- Registro computarizado de todas las variables (presentación en pantalla o impresa de datos tabulados y gráficos).

El Cuadro 6 resume las formas mas comunes para reportar los resultados obtenidos en pruebas de textura con ejemplo de los parámetros que se obtienen y algunos de los instrumentos empleados para realizar la prueba.

Cuadro 6. Formas de reporte de resultados de textura.

Tipo De Reporte	Ejemplo De Parametro	Instrumentos Empleados
Directo	Fuerza, distancia, tiempo, volumen.	Consistómetros, penetrómetros.
Puntuales derivados	Dureza, fuerza del gel SAG, consistencia, firmeza, grados Bloom, valor de cedencia.	Penetrómetros, gelómetros, ridgelímetro.
Curvas	Fuerza-distancia Fuerza-tiempo Distancia-tiempo	Penetrómetros instrumentados, texturómetros, maquinas universales de deformación.
Parámetros derivados de las curvas	Fuerzas, distancias o tiempos máximos y mínimos, fuerzas, distancias o tiempos en ciertas zonas de la curva, áreas específicas de la curva, relaciones de las fuerzas, áreas, pendientes, etc.	Penetrómetros instrumentados, texturómetros, maquinas universales de deformación.

Fuente: Bourne, 1982.

2.7.2. Análisis de perfil de textura (APT)

Es una prueba que mide fuerza de compresión y consiste básicamente en lo siguiente: se le indica al instrumento que la punta o sensor comprima el alimento cierta distancia (dada en mm o en % con respecto a la altura de la muestra) a una velocidad dada. La prueba se inicia cuando la punta o sensor detecta la superficie de la muestra y esta será el punto de referencia. En esta operación, la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada. La punta sube y se retira de la muestra, regresa a la posición de inicio de la prueba (distancia de referencia). En esta posición espera el tiempo indicado. Efectúa el segundo ciclo de compresión,

bajando nuevamente la distancia indicada. Regresa a la posición original antes de iniciar la prueba (Texture Technologies, 2002). De lo anterior se obtiene una curva típica de Análisis de Perfil de Textura es como se muestra en la Figura 2.

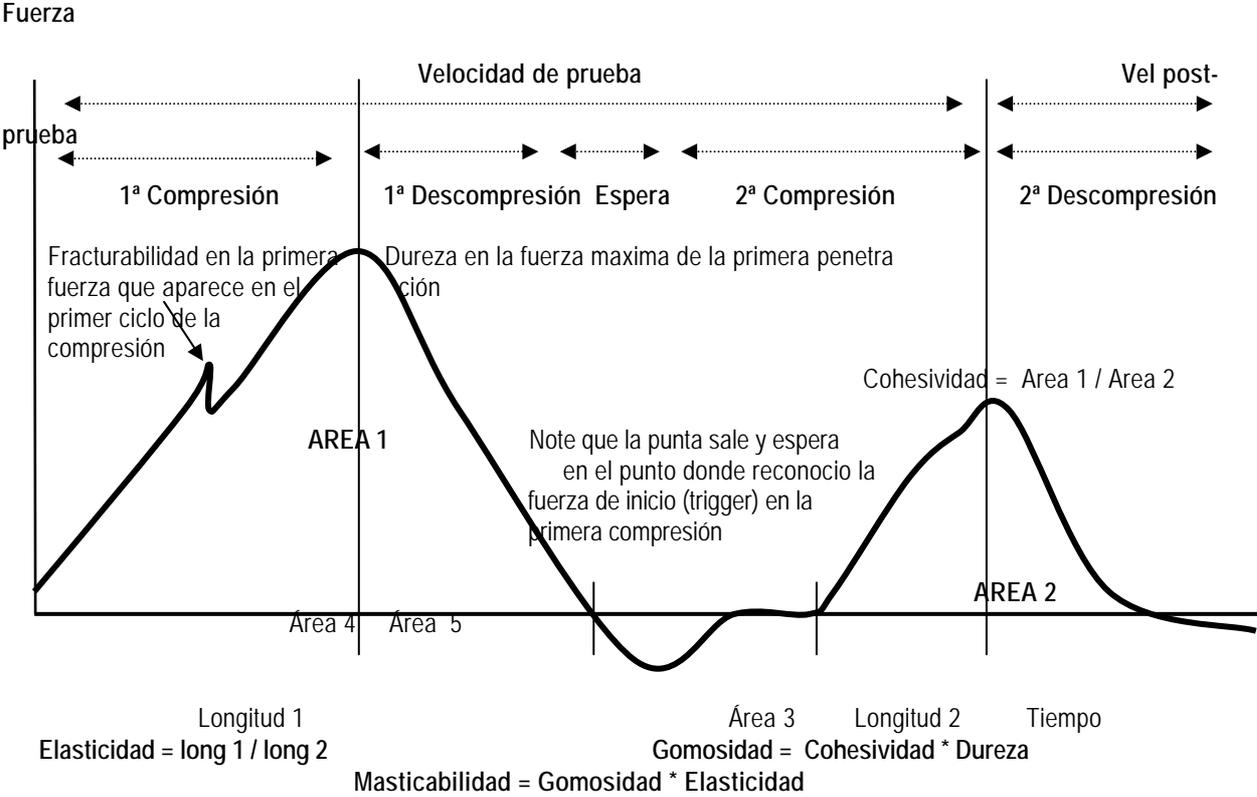


Figura 2. Curva típica para prueba de APT (Texture Technologies, 2002).

Durante todo este proceso, la punta de la prueba detecta la fuerza y se obtiene la curva fuerza-tiempo. La forma de la curva puede variar de la presentada como típica. Básicamente en las alturas de los picos positivos y negativos, las áreas bajo estos picos, la presencia de picos secundarios, la presencia, altura y áreas negativas. Las fuerzas positivas indican la resistencia que ofrece la muestra a la penetración o compresión por parte de la punta en el proceso de bajada. Las fuerzas negativas indican la fuerza debido a la muestra que se adhiere al retirarse el sensor.

De la curva se calculan los siete parámetros texturales característicos que se mencionan a continuación (Szczesniak, 1963):

DUREZA: La fuerza máxima en el primer ciclo de compresión (H).

FRACTURABILIDAD: El primer pico significativo en la curva del primer ciclo de compresión (F).

COHESIVIDAD: La relación entre el área positiva durante el segundo ciclo de compresión y el primero ($A_4 / A_1 + A_2$).

ADHESIVIDAD: El área negativa del primer ciclo de compresión (A_3). Representa el trabajo necesario para retirar el sensor de la muestra.

ELASTICIDAD: (Springiness, Resorteo): la altura que la muestra recupera entre el término del primer ciclo de compresión y el inicio del segundo (c). Otros autores la refieren como la relación c/a. Cabe aclarar que aún cuando la elasticidad es una relación de distancias sus valores se pueden obtener de la curva fuerza- tiempo, si se considera la velocidad a que se efectúa la prueba.

GOMOSIDAD: El producto de la dureza y la cohesividad.

MASTICABILIDAD: Producto de gomosidad y elasticidad.

Algunos autores (Bourne y Cumstock, 1981, Pons y Fiszman, 1996), reportan otros parámetros como:

MODULO: También conocido como FIRMEZA, se refiere a que tan firme se siente un producto cuando se comprime ligeramente, y es la pendiente inicial de la curva fuerza-distancia en el primer ciclo de compresión.

FRAGILIDAD: Es la distancia a la que ocurre la fractura, puede reportarse en mm o en % en relación a la deformación máxima en el primer ciclo de compresión. Entre mayor sea el valor, menos frágil es el material.

EXTENSIBILIDAD: La distancia que el producto se extiende durante la descompresión antes de romperse (b). También se puede considerar la del segundo ciclo (d).

RESILENCIA: (Elasticidad): relación entre el área positiva de bajada del primer ciclo de compresión y el área de subida del mismo A_2 / A_1 .

FUERZA NEGATIVA MÁXIMA: Relación entre la primera y segunda área de adhesión A_3 / A_5 . La recuperación en la porción de adhesión entre el segundo y primer ciclo el área de descompresión $A_3 - A_5$.

INDICE DE APLASTIBILIDAD: Relación entre la diferencia de área de compresión y descompresión del primer ciclo el área de descompresión $(A_1 - A_2) / A_2$.

Los parámetros antes mencionados se calculan a partir de la curva de fuerza-tiempo con ayuda de los programas computacionales que cada equipo proporciona.

2.7.3. Efectos de las condiciones de prueba en los parámetros de APT.

En diferentes estudios reportados por la literatura, las condiciones de prueba para APT son particulares para cada caso, haciendo imposible la comparación de resultados. Las diferencias son debidas a condiciones experimentales, tamaño de la muestra, grado de deformación.

2.7.4. Prueba de adhesividad.

Si bien el APT proporciona información de varias características texturales de un alimento, cuando se desea comparar una propiedad en particular, como la adhesividad, puede ser que la información aportada por esta prueba no sea lo

suficientemente sensible. Para este fin, se ha diseñado una prueba específica para evaluar las propiedades adhesivas de materiales como cajeta, mayonesa, caramelos fluidos, masa, geles, etc (Texture Technologies, 2002).

Durante el proceso de compresión y retirada, se obtiene la curva de fuerza en función de la distancia o tiempo. La forma de la curva depende de las propiedades cohesivas y adhesivas del material (Figura 3), (Texture Technologies, 2002).

Se pueden extraer varios parámetros que a continuación se mencionan (Texture Technologies, 2002).

Fuerza adhesiva: Pico de fuerza máximo.

Resistencia adhesiva inicial: Pendiente inicial de la curva durante la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).

Área de trabajo adhesivo: Área bajo la curva después de la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).

Área de trabajo cohesivo: Área bajo la curva después de la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).

Estiramiento del producto: Distancia desde el inicio de la retirada del dispositivo hasta que la fuerza cae a un valor constante o hasta cero.

También pueden extraerse parámetros secundarios como la relación de áreas adhesiva/cohesiva o viceversa: la relación entre las fuerzas adhesivas y el estiramiento o viceversa, que puede ser una medida de la untabilidad del producto.

Un producto altamente cohesivo se mantiene unido y el material se romperá cerca de la base o de la superficie de la muestra. Un producto pobre en cohesión, se deformara tomando la forma de un reloj de arena si su adhesividad es mayor que su

cohesividad. La ruptura en productos con pobre cohesión ocurrirá en el centro del “reloj de arena” y el material adhesivo se quedará pegado tanto en la base como en el dispositivo.

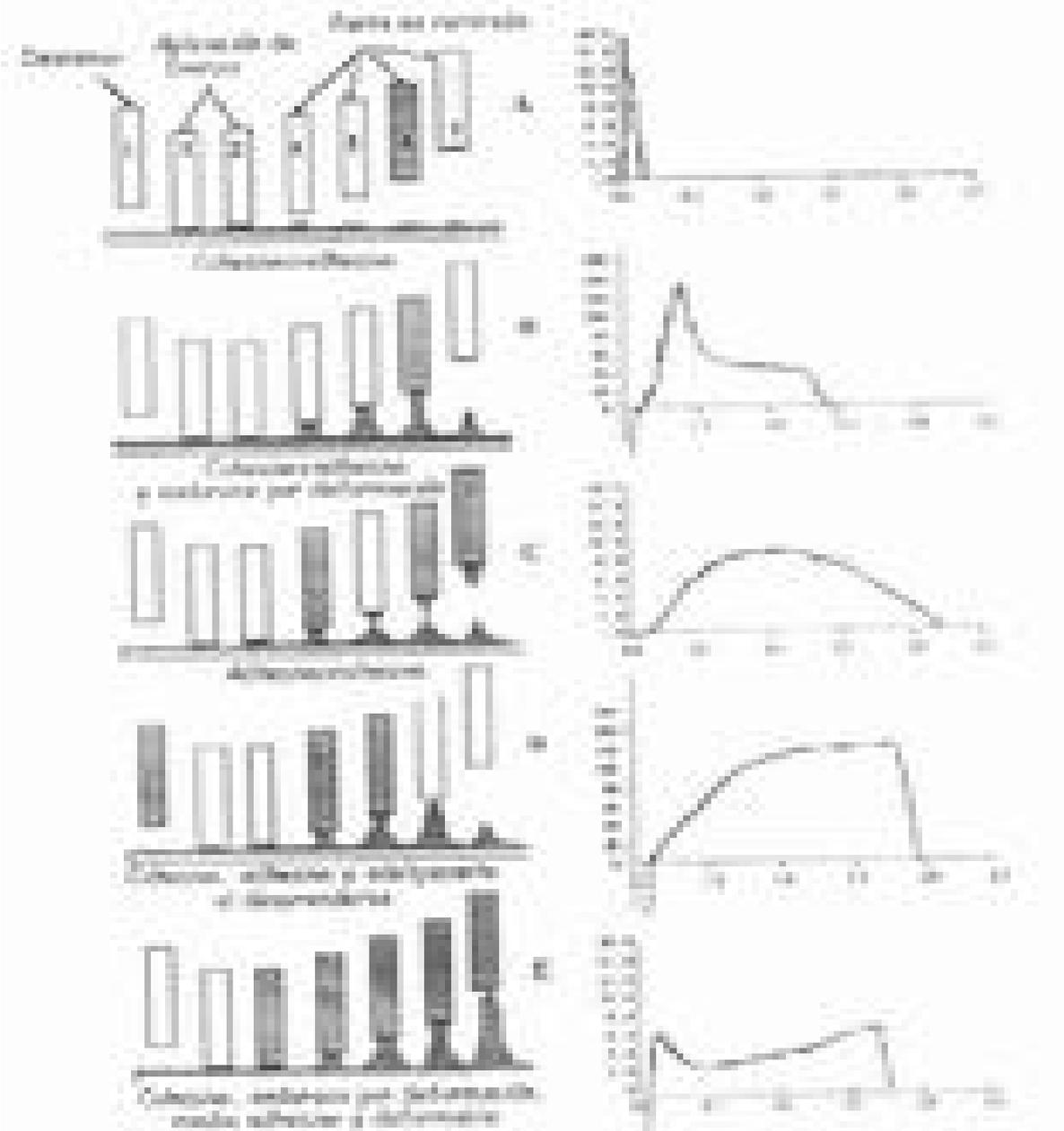


Figura 3. Comportamientos típicos de materiales adhesivos (Texture Technologies, 2002).

2.8. Propiedades texturales de masas

2.8.1. Influencia del proceso en la textura de la masa

El mezclado altera de manera significativa las propiedades mecánicas de la masa. Este proceso facilita la hidratación de las partículas de harina, facilitando el desarrollo de la matriz de gluten e incorporando aire dentro del sistema. Una de las propiedades que se ven más alteradas es la elasticidad porque afecta la capacidad de retención de aire de la masa. La masa debe ser extensible para prevenir la ruptura de las membranas entre las celdas de aire (Mani y col., 1992).

Mani y col. (1992) determinaron que existe una relación directa entre las propiedades mecánicas de la masa y el tiempo óptimo de mezclado independientemente del equipo de mezclado empleado. La mayoría de estos estudios está relacionado con el empleo de medidas empíricas que se utilizan primordialmente en el control de calidad y en investigación. Los equipos más comúnmente empleados son el farinógrafo y el mixógrafo, que miden la resistencia de la masa al trabajo de mezclado durante una operación prolongada (Spies, 1990, Wang y Sun, 2002).

Cuando la harina es mezclada con la proporción correcta de agua y en un tiempo óptimo se tiene una masa suave y homogénea. Sin embargo, si la masa es sobremezclada o contiene demasiada agua puede volverse muy pegajosa. Esta característica está relacionada con propiedades genéticas de la harina (la traslación IB/IR), que la hacen intolerante al sobremezclado, marcadamente pegajosa y con poca fuerza. Chen y Hosney (1995) encontraron que los compuestos que causan esta adhesividad marcada son el ácido ferúlico unido a

una cadena de carbohidratos mediante un enlace de tipo éster. La longitud de este carbohidrato puede ser ≈ 24 . Cuando se separo a este ácido ferúlico de la masa por tratamiento alcalino, la adhesividad de la masa disminuyo.

2.8.2. Influencia de los ingredientes en la textura de la masa

A diferencia de la cantidad de información que se tiene para las características reológicas de la masa, en el caso de las propiedades texturales se encuentran menos reportes referidos al tema. Las propiedades mecánicas de las masas dependen de su estructura y del arreglo de sus constituyentes y las fuerzas que actúan entre ellos. Propiedades como la dureza y el trabajo necesario para alcanzar el mezclado óptimo, son afectadas por la presencia de aditivos que se emplean para mejorar el manejo de las masas durante su procesamiento.

Lang y col., (1992) estudiaron el efecto de la adición de gluten vital estándar y mejorado con vitaminas y emulsionantes, además de gluten modificado con lecitina, agentes antioxidantes, agentes reductores, sales, emulsionantes en las características de la masa durante el mezclado, encontraron que independientemente del tipo de aditivo empleado, el incremento en la concentración de agua aumentaba el tiempo de mezclado y disminuía el pico de resistencia de la masa. Cuando se incrementan las concentraciones de los aditivos se aumenta el pico de resistencia de la masa y el tiempo de mezclado depende del tipo de aditivo empleado. El incremento en el porcentaje de gluten presente, por ejemplo, incrementa el pico de resistencia de la masa, así como el trabajo necesario para el mezclado. Los agentes reductores (l-cisteína) disminuyen el tiempo de mezclado, pero no cambian el pico de resistencia de la

masa. A excepción del CaCl_2 todas las sales aumentan el tiempo de mezclado pero no afectan el pico de resistencia de la misma forma.

Al respecto Manohar y Rao (1999) reportan que la consistencia de masa para bizcocho es menor cuando la masa se prepara con aceite, las masas hechas con grasa hidrogenada tienen una mayor consistencia y dureza, además la masa preparada con aceite resulta más cohesiva y adhesiva. Por otro lado, al adicionar emulsionantes a la masa, la consistencia y elasticidad disminuyen, excepto en el caso de la lecitina, así mismo las masas se tornan más cohesivas con estos aditivos, mientras que la adhesividad y cohesividad se reducen con su presencia. Concluyen de su estudio, que el nivel y tipo de emulsionante cambia las características de la masa de bizcocho y la calidad del producto final, siendo mejor el empleo de “shortenings” y grasas hidrogenadas, en tanto que resulta mas adecuado el uso de monoesteratos de glicerol (GMS) y lecitina para mejorar la calidad textural del producto y facilitan su manejo en maquinaria. En relación a esto Bloksma y Bushuk (1998) indican que utilizar entre 1-5% de grasa en la elaboración del pan mejora considerablemente la calidad de la hogaza.

Autores como Roach y Hosenev (1995) estudiaron el efecto de algunos agentes tensoactivos en el almidón durante el proceso de panificación, sabiendo que algunos compuestos grasos como los monoglicéridos podían reducir la hidratación y solubilidad del almidón y teniendo como repercusión una disminución en la firmeza de la miga de pan. Encontraron que la incorporación de triglicéridos de 18 carbonos mejoraba el volumen del pan de manera similar a un “shortening”. Para el caso de harina desgrasada encontraron que la adición de monoglicéridos reducía el de la miga de pan mientras que el empleo de “shortening” no lo hacia,

sugiriendo esto que el mecanismo por el cual estos dos lípidos suavizan al pan es diferente. Singh Gujral y Pathak (2002) reportan que aditivos como “shortening” líquido, la CMC (carboximetilcelulosa), GMS (monoesterato de glicerol) y caseinato de sodio incrementan significativamente la extensibilidad del pan y lo vuelven más flexible después de 24 hrs de almacenamiento.

III. JUSTIFICACIÓN

En las últimas dos décadas, la obesidad tuvo un incremento de más del 30% en México ligeramente mayor que en los Estados Unidos de Norteamérica. La ENSANUT 2006 revela que la prevalencia de sobrepeso fue mas alta en hombres que en mujeres (42.5 vs 37.4%), en cambio la obesidad fue mayor en mujeres que en hombres (34.5 vs 24.5%). Por otro lado la Encuesta Nacional de Salud de México de 1999, el 52.5% de las mujeres fueron clasificadas con obesidad (21.7%) o sobrepeso (30.8%), mientras que en 1988, el 35.1% de las mujeres fueron clasificadas con obesidad (18.7%) o sobrepeso (16.4%) (Medina, 1991). Esto puede deberse a el alto consumo de productos de panificación que existe en México ya que en nuestro país se comercializan 250 variedades de pan dulce, el pastel de chocolate ocupa un porcentaje de consumo alto, debido a que se trata de un producto popular de excelente sabor (Beltrán, 1995).

Actualmente en los países del primer mundo se han desarrollado tecnologías para la elaboración de productos bajos en grasas, como quesos, yogurt, cárnicos, helados y pasteles entre otros (Beltrán, 1995). Con el presente trabajo se pretende desarrollar una tecnología, para obtener un producto de panificación con bajo contenido de grasa y carbohidratos pero de mayor calidad.

IV. OBJETIVOS

4 GENERAL:

Obtener una formulación adecuada para la elaboración de pastel de chocolate, que sea bajo en grasa y carbohidratos, con buenas propiedades organolépticas.

5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Utilizar la celulosa en polvo y la maltodextrina como sustituto de carbohidratos y grasa, respectivamente, para la elaboración de pastel de chocolate.
2. Evaluar la adición de celulosa y maltodextrina en las propiedades reológicas de las masas.
3. Elaborar una formula óptima que cumpla con las características de un producto bajo en calorías, sin afectar sus características sensoriales.
4. Evaluar el mínimo contenido de grasa, características químicas-físicas, microbiológicas y sensoriales adecuadas de los productos óptimos.

V. HIPÓTESIS

Al elaborar un pastel de chocolate utilizando maltodextrina y celulosa sus propiedades físicas y sensoriales no se alteraran.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materia prima para elaborar el pastel

Harina de trigo suave (Ozasuna), agentes químicos leudantes (Royal), agua, huevo y cocoa en polvo (Hershye's), bicarbonato de sodio, sal, mantequilla (La Gloria), azúcar, vainilla, celulosa en polvo (grado alimentario) y maltodextrina (ITAL, grado alimentario).

6.2. Elaboración del producto a nivel de laboratorio

El Cuadro 7 muestra la formulación base empleada en la elaboración de la masa para pastel, sobre la cual se trabajó para realizar la reformulación y encontrar la mezcla óptima.

Cuadro 7. Porcentajes en base al 100%, de los ingredientes usados en la masa para pastel.

Ingredientes	%	Ingredientes	%
Agua hirviendo	18.26	Sal	0.05
Cocoa en polvo	4.56	Mantequilla	8.21
Harina de trigo suave	34.24	Azúcar estándar	22.83
Bicarbonato de sodio	0.18	Huevo	11.41
Polvo para hornear	0.05	Vainilla	0.18

6.3. Diagrama de flujo para elaboración del producto



Figura 4. Diagrama de flujo para elaboración de pastel de chocolate.

6.4 Establecimiento del experimento

Se uso un diseño completamente al azar, con el cual se obtuvieron 21 mezclas. A cada una de las 21 formulas, se le realizaron los estudios propuestos y se llevo a cabo un análisis estadístico para conocer cual de las respuestas era significativa, lo que permitió encontrar la mejor formula con el mínimo contenido de grasa, características tecnológicas y sensoriales adecuadas. El Cuadro 8 muestra los porcentajes de sustitución para las 21 muestras de masa.

Cuadro 8. Porcentajes de sustitución de las variables en la preparación de la masa.

Muestra	Harina	Celulosa	Mantequilla	Maltodextrina
T	100	0	100	0
1	95	5	100	0
2	100	0	95	5
3	97.5	2.5	97.5	2.5
4	90	10	100	0
5	100	0	90	10
6	95	5	95	5
7	85	15	100	0
8	100	0	85	15
9	92.5	7.5	92.5	7.5
10	80	20	100	0
11	100	0	80	20
12	90	10	90	10
13	75	25	100	0
14	100	0	75	25
15	87.5	12.5	87.5	12.5
16	70	30	100	0
17	100	0	70	30
18	85	15	85	15
19	65	35	100	0
20	100	0	65	35
21	82.5	17.5	82.5	17.5

6.5 Métodos empleados para analizar las muestras.

6.5.1 Caracterización de la harina de trigo

Se realizó empleando las técnicas reportadas por la Asociación Americana Oficial de Química Analítica (AOAC, 1995). Proteína por el método Kjendhal, técnica 32.1.22, las siguientes determinaciones se realizaron por la Asociación Americana de Cereales y Química (AACC, 2000), fibra cruda por el método de 32-10, cenizas por el método de 08-01, grasa por el método de 30-10, humedad por el método 44-16.

6.5.1.1 Determinación de proteína por el método Kjendhal.

Este método fue empleado para el analizar la harina de trigo suave empleada y también se uso para el análisis del pastel.

Se pesó la cantidad de 0.5 g de muestra en una balanza analítica marca Adam Equipment, modelo Adam AAA250L, y se colocó dentro del matraz Kjendhal, se añadió después 2.0 g de mezcla digestora y de 10 a 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el matraz en el aparato digestor marca Büchi, modelo B-426, calentando suavemente al principio y después en forma mas enérgica, hasta su completa oxidación, en esta etapa la mezcla se torna de un color verde claro transparente, en ocasiones se presenta un precipitado gris correspondiente a la mezcla digestora si se agota el ácido y no se ha digerido completamente la muestra (es decir cuando aún no se ha alcanzado el color verde claro transparente deseado), entonces se deja enfriar, y se añade otra pequeña cantidad conocida de ácido y se continua calentando. Terminado el proceso de

digestión se enfrió el matraz en una campana para extracción de gases marca Veco, modelo DAE5G, y se añadieron lentamente aproximadamente 200 ml de agua para disolver completamente la muestra, agregando unas granallas de zinc o trozos de piedra pómez, se agitó y enfrió. Después se realizó la destilación de la mezcla, en el aparato de destilación marca Büchi, modelo K-350, el cual se preparó colocando a la salida del refrigerante un tubo de vidrio que debe permanecer sumergido dentro de 75 ml de ácido bórico al 4% contenido en un matraz Erlenmeyer de 500 ml en el que se añaden unas gotas de indicador de Wesselow. Se añadió al matraz de Kjendhal, lentamente, 5 ml de NaOH al 40% por cada ml de ácido sulfúrico adicionado durante la digestión. Se conectó inmediatamente el sistema de destilación del aparato de Kjendhal. Posteriormente se prendió la parrilla, y se abrió la llave del agua para mezclar lentamente el contenido del matraz de Kjendhal (ya conectado al destilador), con movimientos rotatorios. Después de recuperar un poco del destilado, viró el color del indicador, de violeta a verde. Se destilaron aproximadamente 250 ml para garantizar que haya pasado todo el amoníaco. Se retiró el matraz receptor y después se apagó la fuente de calor, con el fin de evitar que se haga sifón. Se lavó el refrigerante, poniendo un vaso con agua destilada a la salida del mismo, y se esperó a que refluyera hacia el matraz Kjendhal. Titular con solución de HCl 0.1 N (vire de verde a violeta).

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(V * N * \text{meq}) * 100}{m}$$

Donde:

V = Mililitros de HCl gastados en la titulación

N = Normalidad de la solución valoradas de HCl

m = Peso de la muestra en gramos

meq = Miliequivalentes de nitrógeno, 0.014

El contenido de nitrógeno en diferentes proteínas es aproximadamente de 16%, por lo que multiplicando el % de N obtenido, por el factor 6.25, se obtienen la cantidad de proteínas presentes en el alimento. Sin embargo esta relación nitrógeno- proteína difiere considerablemente entre cada alimento por lo que se usa para este caso el factor para las harinas que es de 5.7.

Cálculos:

$$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ de nitrógeno}) * (\text{factor})$$

6.5.1.2 Determinación de fibra cruda.

Este método fue empleado para el analizar la harina de trigo suave empleada y también se uso para el análisis del pastel.

Se peso la cantidad de 0.5 g de la muestra, seca y desengrasada, en una balanza analítica marca Adam Equipment, modelo Adam AAA250L, y se colocó en un vaso de Berzelius de 600 ml, se añadieron 200 ml de H₂SO₄ 0.255 N hirviendo. Se calentó el vaso en el aparato para determinar fibra, se rotaron periódicamente para evitar que los sólidos se pegaran, se dejó hervir la mezcla en forma suave en el aparato por un lapso de 30 minutos. Después se retiraron los vasos, el contenido fue filtrado a través de una tela, lavando con agua hirviendo hasta obtener pH neutro, se dejó secar y después el residuo pasó al vaso e incorporaron

200 ml de NaOH 0.313 N, hirviendo. Se colocó nuevamente a reflujo en el aparato durante 30 minutos más. Terminado este tiempo los vasos fueron retirados y se filtró nuevamente, lavando con 25 ml de H₂SO₄ caliente y tres porciones de 50 ml de agua. Por último se añadieron 25 ml de alcohol al residuo y se dejó secar en un crisol por espacio de 2 horas a 130°C en una estufa. Se enfrió en un desecador y se pesó. Por último se calcinó en una mufla a 600 °C por 30 minutos, ya frío se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(\text{PCMS} - \text{PCMC}) * 100}{\text{PRM}}$$

Dónde:

PCMS = Peso del crisol con la muestra seca, en gramos.

PCMC = Peso del crisol con la muestra calcinada, en gramos.

PRM =Peso real de la muestra, en gramos.

6.5.1.3 Determinación de cenizas.

Se pesó 1 g de muestra desgrasada, en un crisol que previamente se había puesto a peso constante en una balanza analítica marca Adam Equipment, modelo Adam AAA250L. Con la ayuda de unas pinzas, se tomó el crisol y procedió a carbonizar la muestra en un mechero, se hizo lenta y suavemente para evitar pérdidas por arrastre de humo o por que la muestra salte fuera del crisol. Cuando ya no hubo desprendimiento de humo, se llevó el crisol a la mufla a una temperatura entre 500 –600 °C, hasta que las cenizas observaron grises-blancas,

esto asegura que estén libres de carbón. En caso de que esto no suceda, dejar enfriar y luego agregar algunas gotas de agua destilada, se procede secar nuevamente en el mechero y se vuelven a introducir a la mufla. Se transportó el crisol a la estufa, para enfriar poco a poco y después se llevo al desecador, para completar el enfriado. Una vez que alcanzó la temperatura ambiente se peso.

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(a - b) * 100}{m}$$

Donde.

a = Peso del crisol con las cenizas.

b = Peso del crisol vacío

m =Peso de la muestra en gramos.

6.5.1.4 Determinación de grasa por el método de hidrólisis ácida.

Se pesaron 2 g de la muestra en una balanza analítica marca Adam Equipment, modelo Adam AAA250L, y luego fueron colocados dentro de un frasco junto con 2 ml de alcohol se adicionaron 7 ml de HCl concentrado y 3 ml de agua. Después se procedió a calentar a 80°C durante 30 minutos en baño maría, se dejo enfriar. La mezcla presenta una coloración negra, esto debido a la separación de las proteínas, debido a la hidrólisis de las mismas. A continuación se adicionaron 10 ml de alcohol a la mezcla hidrolizada. Posteriormente se extrajo tres veces con 25 ml de éter, se agitó (1 minuto) seguido de 25 ml de petróleo ligero con agitación

(2 minutos). Los disolventes se eliminaron por evaporación, en la campana, y finalmente se peso el residuo.

Cálculos:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{a}{b} * 100$$

Donde:

a = residuo

b = muestra

6.5.1.5 Determinación de humedad

El procedimiento para determinar el porcentaje de humedad en harina de trigo suave se llevo a cabo con la Termobalanza de Humedad AMB 310. Se pesaron 0.5 g de harina en una balanza analítica marca Adam Equipment, modelo Adam AAA250L, y esta fue distribuida uniformemente sobre la charola, después se coloco la misma dentro de la cámara del equipo se dio inicio al proceso programando previamente la termobalanza a 100 ° durante 9 minutos. Al final se registro la medición que la pantalla señaló.

6.5.2 Pruebas texturales para las masas.

Las mediciones de las variables de estudio se llevaron a cabo en un texturómetro TXTA2, con una geometría de cilindro de 2 pulgadas, los accesorios usados fueron los especiales para APT, Adhesividad de Hosseney y Extensibilidad. Las condiciones de las pruebas fueron velocidad de prueba, velocidad de retirada, fuerza, tiempo y distancia. Las variables de estudio son las siguientes: contenido

de grasa, perfil de textura como la elasticidad, cohesividad, adhesividad, extensibilidad, resistencia a la primera y segunda compresión.

6.5.2.1 Análisis de Perfil de Textura

Para esta prueba se prepararon 100 g de harina de trigo suave con el 60% de agua, se obtuvo una masa que fue puesta en reposo durante 24 horas en refrigeración. Después del tiempo de reposo se hicieron bolas de muestra de 25 g las cuales se analizaron en el texturómetro con los siguientes parámetros: velocidad de prueba 1.7 mm/s, velocidad de retirada 1.7 mm/s, 5 segundos, 10 mm de distancia, celda de carga de 5 kg, los accesorios usados fueron acoplados al texturómetro TX-TA2 accesorios: cilindro acrílico de 2 pulgadas de diámetro y molde para masa.

Cálculos:

De la curva de Fuerza v/s tiempo se obtuvieron los parámetros concernientes al producto.

6.5.2.2 Prueba de Adhesividad o de Hosney

En esta prueba se prepararon 15 g de harina de trigo suave con el 60% de agua, la masa que se obtuvo fue puesta en refrigeración durante 24 horas para reposar. Una vez concluidas las 24 horas, una pequeña cantidad de muestra se colocó en el orificio de la celda de Hosney, luego se cerró la celda y se extrajo mediante compresión una pequeña cantidad de muestra, la cual fue retirada, después se retiró otra cantidad sin quitar de la celda y ahí se mantuvo en reposo durante 1 minuto, posteriormente se colocó la celda en el texturómetro y se corrió la prueba

con los siguientes parámetros: velocidad de pre-ensayo: 0.5 mm/s, velocidad de ensayo: 0.5 mm/s, velocidad de post-ensayo: 10.0 mm/s, distancia: 4 mm, fuerza: 40 g, tiempo: 10 segundos, los accesorios usados fueron acoplados al texturómetro TX-TA2 accesorios: celda de Hosseney, cilindro de acrílico de 2 pulgadas de diámetro, base y tapa con perforación cilíndrica de 5 pulgadas usando celda de carga de 5 Kg.

Cálculos:

Se analizaron la curva de Fuerza v/s Distancia o fuerza v/s Tiempo y se obtuvieron los parámetros de adhesividad.

6.5.2.3 Prueba de Extensibilidad

Se prepararon 15 g de harina con el 60% de agua y el 2% de sal, la muestra preparada se uso el mismo día. Se colocó la muestra entre las placas (acanalada y lisa) pero, antes de usar la placa de teflón ambos lados fueron untados con una pequeña cantidad de aceite, para evitar la adhesión de la mezcla. Se colocó el bloque de arriba de la muestra y se presionó hacia abajo firmemente hasta que los 2 bloques estuvieron juntos. Se removió el exceso de masa limpiado los lados con un cuchillo y se atornillo la placa presionando por 40 minutos (esto hace que la muestra se corte en tiras, mientras que la masa/gluten se relajan y se previenen perdidas de humedad). Después de este tiempo se removió la masa y se retiraron las tiras de masa/gluten una por una cuando se fueron requiriendo. Se removió cada tira muy cuidadosamente con una espátula, tomándola con cuidado para no penetrar, estirar o deformar la masa/gluten. Posteriormente se colocó la tira en la

región de la ranura de la placa de muestra y sosteniendo hacia abajo el gancho, después se insertó la placa dentro de la plataforma. Por último se comenzó la prueba de extensibilidad. Los parámetros de la prueba fueron los siguientes: velocidad de pre-ensayo: 2.0 mm/s, velocidad de ensayo: 3.3 mm/s, velocidad de post-ensayo: 10.0 mm/s, distancia: 75 mm, fuerza: auto- 5 g, índice de datos de adquisición: 200 pps, accesorios: Kieffer Dough & Gluten Extensibility Rig (A/KIE) usando celda de carga de 5 Kg, los accesorios usados fueron acoplados al texturómetro TX-TA2.

6.5.3 Métodos utilizados en el análisis del producto terminado.

Cuando se concluyó con las pruebas en masa se realizó un análisis de varianza, para lo cual se utilizó un paquete estadístico SAS (SAS, 2000), lo anterior con el fin de elegir las muestras que se parecieran al testigo y continuar con la preparación del pastel.

6.5.3.1 Prueba de comparación entre dureza y fracturabilidad.

Al producto preparado se le realizó esta prueba de la siguiente manera, se tomó un pastel de los que fueron preparados y se colocó en el texturómetro para comenzar la prueba bajo los siguientes parámetros: velocidad de pre-ensayo: 1.0 mm/s, velocidad de ensayo: 1.0 mm/s, velocidad de post-ensayo: 10.0 mm/s, deformación: 25%, tiempo: 60 segundos, fuerza: auto- 5 g, índice de datos de adquisición: 200 pps, accesorios: punta (P/6 6 mm diámetro) de acero inoxidable, para hacer la determinación de dureza de la miga del pastel; y bola AACC 36 mm

P36R, para conocer los valores de fracturabilidad de la corteza del pastel. , usando celda de carga de 5 Kg.

6.5.3.2 Evaluación sensorial afectiva.

Se realizó una prueba de evaluación sensorial de acuerdo con Anzaldúa (1994), con 30 jueces tipo consumidor los cuales probaron el pastel y dieron su opinión a través de una prueba de preferencia. Los resultados se sometieron a un análisis no paramétrico con la prueba Chi-Square Test (χ^2). La Figura 5 muestra el cuestionario empleado en esta prueba.

PRODUCTO: <u>PASTEL DE CHOCOLATE</u>	FECHA:
<u>27/01/06</u>	
Pruebe las 2 muestras que se le presentan:	
Primero pruebe la muestra marcada con <u>892</u> y después la muestra <u>437</u>	
Indique cual de las muestras prefiere usted	
PREFIERO LA MUESTRA:	

Figura 5. Cuestionario empleado en la evaluación sensorial del pastel de chocolate.

6.5.3.3 Métodos de análisis microbiológicos

El recuento de organismos mesofílicos aerobios, hongos y levaduras se llevo a cabo utilizando las técnicas 926.86 de la AOAC (1990). Se uso agar para métodos estándar (m.o. mesofílicos aerobios) y agar papa dextrosa (hongos y levaduras) que fueron preparados suspendiendo, por separado, 24 g de cada medio deshidratado en un litro de agua destilada, se hirvió en una parrilla modelo PC-420, hasta su completa disolución y luego se esterilizó a 121°C por 15 minutos en un autoclave marca Felisa, modelo FE-399, con el demás material y se dejo enfriar. Luego se preparó y diluyó (10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-5}) la muestra. La preparación de esta se llevo a cabo a través del uso de un medio de pre-enriquecimiento, en este caso fue el agua peptonada. Después en la campana de flujo laminar previamente desinfectada, se distribuyeron las cajas petri estériles para proceder a su inoculación, con una pipeta se transfirió 1 ml de muestra al fondo de la caja, luego se vertieron 15 a 20 ml de medio de cultivo y se mezcló con movimientos circulares. Se dejaron reposar y cuando el medio se solidificó, se incubaron las cajas en posición invertida (con la tapa hacia abajo) dentro de una estufa a 35 °C y 25 °C. Para realizar los conteos unidades formadoras de colonias se tomaron en cuenta las cajas después de 3, 4 y 5 días a temperatura ambiente y se realizaron conteos a las 24, 36 y 72 horas (de cada semana de vida de anaquel), el conteo de las colonias se llevó a cabo con la ayuda de una lente de aumento y cuadrícula de contador. El número de las colonias contadas fue multiplicado por la inversa de la dilución, tomando en consideración los criterios de la NOM-092-SSA1-1994. Métodos para el conteo de bacterias aerobias en placa para la expresión de los resultados.

6.6 Análisis de resultados

El análisis de varianza se realizó con el programa SAS (SAS, 2000) se obtuvo un análisis para cada variable de estudio para determinar si hay dependencia o no entre las variables de estudio, se utilizó nivel de probabilidad de $P < 0.05$. Dicho análisis fue aplicado a todos los resultados tanto de pruebas en masa como en pruebas en producto terminado (pastel).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. Análisis químico proximal de la harina de trigo suave.

En el Cuadro 9 se observan los resultados del análisis químico proximal de la harina de trigo suave, donde el contenido de proteína fue de 6.5%, el porcentaje de fibra fue de 0.7%, la grasa 1.6%, cenizas 0.87% y humedad 8.22%. Estos datos no coinciden con lo reportado por Güemes (1998); quién realizó un análisis químico proximal a la harina de trigo suave comercial, reporta para proteína 10.3% y una humedad de 13.3%, sin embargo, estos resultados concuerdan con lo que reporta la Norma Oficial Mexicana (1982), pero no con los obtenidos en este trabajo, esto se atribuye a que las harinas pueden provenir de diferentes variedades de trigos.

Cuadro 9. Análisis químico proximal de la harina de trigo suave.

Proteína (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
6.46	0.70	1.6	0.87	8.22

7.2. Análisis de perfil de textura (APT) en masas de harina de trigo bajas en grasa (maltodextrina) y carbohidratos (celulosa).

El Cuadro 10 presenta el comportamiento del parámetro de dureza obtenido de la prueba APT para las diferentes muestras preparadas con o sin celulosa y maltodextrina. Se puede observar que las muestras preparadas con maltodextrina tienden a disminuir su dureza (86.1 g) con un 10% de sustitución, la dureza según Bourne (1982) es la fuerza necesaria para una deformación dada, desde un punto de vista físico; por lo que a medida que se aumenta el porcentaje de maltodextrina en la muestra esta se vuelve mas blanda por lo que los valores de dureza son menores (62.9 g) con una sustitución del 35% con maltodextrina. Por otro lado, en las muestras preparadas con celulosa, la dureza aumenta conforme se incrementa el porcentaje de ésta en la mezcla, como lo muestra en el 10% de sustitución (111.7 g), esto se debe a que la celulosa es porosa y tiene una estructura fibrosa que le permite retener mas agua (Crosby y Ang., 2005), por lo que al mezclarse con la harina, la mezcla resulta mas dura.

El Cuadro 10 presenta también la influencia en la cohesividad por la adición de celulosa y/o maltodextrina, en la masa para preparar pastel. En las muestras a las que se les añadió solo celulosa, se muestra un aumento en la cohesividad (-5.07) para los pasteles adicionados con 15%, ya que los pasteles que se les incorporó el 5% de esta presentó una cohesividad del -1.3, es decir que estas masas son mas difíciles de deformar, debido a las propiedades que le da la celulosa en polvo, como son una estructura fibrosa que ayuda a mantener la forma física del producto (Crosby y Ang., 2005).

En el Cuadro 10, se muestra la elasticidad que presento cada muestra según su formulación, las masas a las que se les añadió celulosa en mayor proporción 35% (5.26) muestran una disminución de su elasticidad con respecto al testigo (8.56), esto podría ser debido a que la celulosa tiene la propiedad de disminuir la viscosidad en los productos, por lo que la elasticidad se ve afectada. Este efecto que presentaron las masas concuerda con lo reportado por Lee y col., (2005) al utilizar un sustituto de grasa como el Oatrim para elaborar pasteles tipo angel. Por otra parte las muestras a las que se les adicionó mayor cantidad de maltodextrina 35% (8.4) presentan una tendencia a ser más elásticas, esto se puede atribuir a que la maltodextrina es soluble en agua caliente y tiene la propiedad de hacer muy suaves a las masas, ya que este tipo de productos poseen propiedades de lubricación como las grasas comunes. Al respecto Suyong y col. (2005), informan acerca del perfil de textura realizado a pasteles; en los que la dureza del pastel tuvo una tendencia a incrementarse por el reemplazante de grasa Oatrim aunque no tenían diferencia significativa entre el testigo y la muestra con el sustituto de grasa. Iguales tendencias fueron observadas para la cohesividad y elasticidad. La elasticidad de los pasteles aumento conforme la cantidad de Oatrim fue incrementando.

Cuadro 10. Influencia de la adición de celulosa y maltodextrina a la masa para pastel, en los parámetros de APT (dureza, cohesividad y elasticidad).

Muestra	% C*	% M**	Dureza (g)	Cohesividad (-)	Elasticidad (-)
Testigo	0	0	95.59 ^{hij}	-1.77 ^a	8.56 ^{bc}
1	5	0	99.84 ^{hij}	-1.31 ^a	8.97 ^a
2	0	5	75.47 ^{hij}	-1.18 ^a	8.63 ^{bc}
3	2.5	2.5	99.40 ^{hij}	-1.53 ^a	8.84 ^{bc}
4	10	0	111.72 ^{hij}	-22.38 ^a	6.87 ^{cd}
5	0	10	86.10 ^{hij}	-1.36 ^a	8.81 ^{bc}
6	5	5	95.56 ^{hij}	-1.11 ^a	8.79 ^{bc}
7	15	0	144.63 ^{af}	-5.07 ^a	6.97 ^{cd}
8	0	15	69.77 ^{ij}	-1.15 ^a	8.54 ^{bc}
9	7.5	7.5	90.61 ^{hij}	-1.18 ^a	8.80 ^{bc}
10	20	0	119.71 ^{hij}	-1.45 ^a	8.90 ^{bc}
11	0	20	81.98 ^{hij}	-1.34 ^a	8.75 ^{bc}
12	10	10	137.76 ^{af}	-11.33 ^a	6.36 ^{cd}
13	25	0	243.33 ^a	-61.58 ^b	4.88 ^f
14	0	25	99.65 ^{hij}	-1.36 ^a	8.74 ^{bc}
15	12.5	12.5	172.43 ^{af}	-19.29 ^a	5.80 ^{cd}
16	30	0	338.20 ^b	-8.72 ^a	5.54 ^{cd}
17	0	30	70.68 ^{ij}	-1.19 ^a	8.52 ^{bc}
18	15	15	469.92 ^b	-17.35 ^a	4.66 ^f
19	35	0	204.22 ^d	-25.16 ^a	5.28 ^{cd}
20	0	35	62.93 ⁱ	-1.28 ^a	8.40 ^{bc}
21	17.5	17.5	164.95 ^{af}	-12.54 ^a	5.07 ^{cd}

El superíndice que aparece en los promedios de cada parámetro indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan (P<0.05)).

* Celulosa

** Maltodextrina

7.3. Prueba de Adhesividad en masas de harina de trigo bajas en grasa (maltodextrina) y carbohidratos (celulosa).

En el Cuadro 11 se presentan los resultados del trabajo de adhesión en masas de harina de trigo suave bajas en grasa y carbohidratos, la formula que presentó mayor trabajo de adhesión fue la de maltodextrina al 15% (7.5 g*mm) y la que tuvo menor valor fue la de 30% de celulosa (0.1 g*mm). De estos resultados se deduce que las muestras preparadas con mayor cantidad de maltodextrina, son más adhesivas que cohesivas según la clasificación dada por Textura Technologies (2002), esto podría ser debido a que la maltodextrina se comporta al contacto con el agua como un gel más pegajoso. Las muestras preparadas con mayor porcentaje de celulosa tienen un efecto contrario al de la maltodextrina, las mezclas de esta son menos adhesivas, ya que en su condición de fibra la celulosa forma redes mas firmes, aunque retiene agua también le proporciona a la masa una mayor estabilidad. Esta prueba nos suministra datos más específicos acerca de la adhesividad que los que nos aporta el APT. En el Cuadro 11 se observan también los resultados del efecto de la cohesividad de masa para pastel, en formulas bajas en grasa y celulosa, la que presentó una mayor cohesividad fue aquella con 35% de maltodextrina (-0.29), la formula que tuvo un menor contenido fue aquella con 12.5% de celulosa y 12.5% de maltodextrina (-0.01). El efecto pegajoso que le aporta la maltodextrina a la masa también se ve reflejado en la cohesividad ya que estas muestras se deforman de manera más fácil ya que son manejables. La celulosa no proporciona estas características ya que da una

mayor dureza debido a la inserción de las fibras en las redes del gluten de las masas esto es en base a lo reportado por Güemes (1998).

Cuadro 11: Efecto de la celulosa y/o maltodextrina sobre los parámetros de la prueba de adhesividad (según Hosseney) en la masa para preparar pastel.

Muestras	% C*	% M**	Trabajo De Adhesión (g/mm)	Cohesividad (-)
T	0	0	0.63 ^{ad}	0.02 ^{baa}
1	5	0	0.71 ^{ad}	0.03 ^{ba}
2	0	5	1.68 ^{aad}	0.12 ^{abf}
3	2.5	2.5	2.94 ^{baad}	0.14 ^f
4	10	0	0.53 ^{ad}	0.03 ^{ba}
5	0	10	3.37 ^{baad}	0.18 ^{af}
6	5	5	1.68 ^{aad}	0.11 ^{abf}
7	15	0	0.20 ^a	0.05 ^{edc}
8	0	15	7.45 ^b	0.26 ^{hi}
9	7.5	7.5	0.46 ^{ad}	0.03 ^{ba}
10	20	0	0.10 ^a	0.05 ^{de}
11	0	20	5.07 ^{ba}	0.20 ^{hg}
12	10	10	1.29 ^{ad}	-0.12 ^{af}
13	25	0	0.08 ^a	0.07 ^{edc}
14	0	25	2.48 ^{baad}	0.23 ^{hg}
15	12.5	12.5	0.58 ^{ad}	0.01 ^{bae}
16	30	0	0.12 ^a	0.03 ^{ba}
17	0	30	4.12 ^{ba}	0.24 ^{hg}
18	15	15	0.73 ^{ad}	0.05 ^{edc}
19	35	0	1.04 ^{ad}	0.04 ^a
20	0	35	2.56 ^{baad}	0.29 ⁱ
21	17.5	17.5	0.50 ^{ad}	0.03 ^{ba}

El superíndice que aparece en los promedios de cada parámetro indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan (P<0.05)).

* Celulosa

** Maltodextrina

7.4. Extensibilidad de masas de harina de trigo adicionadas con celulosa y maltodextrina para la elaboración de pastel.

El Cuadro 12, presenta los valores de masas de harina de trigo con celulosa y maltodextrina, el efecto que presentan estas masas es la de disminuir su extensibilidad con respecto al testigo (118.71 cm) cuando se incrementa el contenido de maltodextrina (21.01 cm) con una sustitución del 35%. La extensibilidad disminuyó también en la muestra preparada con un 35% de sustitución con celulosa (49.28 cm), aunque en comparación con el valor de la maltodextrina en ese mismo porcentaje de sustitución en este caso el decremento fue menor. La adición de gomas a la harina de trigo incrementa su resistencia a la extensión, la celulosa se comporta como una goma. En relación a esto Rao y col., (1992) reportaron un incrementó en la resistencia a la extensión por la adición de gomas, la extensibilidad disminuye por la adición de geles. La combinación de estos y gomas adicionados a harina de trigo disminuye la extensibilidad de la masa. En los resultados mostrados en el Cuadro 12, en todos los casos en los que se adicionó celulosa y/o maltodextrina los valores para la extensibilidad fueron bajos comparados con el valor del testigo (118.71 cm), lo que quiere decir que las masas presentaban menor distancia de extensión durante la descompresión antes de romperse. Esto debió ser por las características que aporta la celulosa y maltodextrina en su función de sustitutos de grasa y carbohidratos en las masas de harina de trigo. Al respecto Palmer (1982) reporta que las fibras de celulosa consisten en varios polisacáridos, y esto puede afectar las propiedades físicas del principal componente, en este caso de la harina de trigo.

Cuadro 12: Efecto de la adición de celulosa y/o maltodextrina sobre la extensibilidad de la masa para pastel.

Muestras	% C*	% M**	Extensibilidad (cm.)
T	0	0	118.71 ^a
1	5	0	115.35 ^b
2	0	5	71.49 ^{abcd}
3	2.5	2.5	55.10 ^{defh}
4	10	0	53.43 ^{gh}
5	0	10	42.72 ^{ih}
6	5	5	38.16 ^j
7	15	0	62.34 ^{abcd}
8	0	15	58.32 ^{abcd}
9	7.5	7.5	74.70 ^{cb}
10	20	0	82.26 ^b
11	0	20	36.08 ^j
12	10	10	57.32 ^{de}
13	25	0	68.50 ^{acd}
14	0	25	24.56 ^k
15	12.5	12.5	38.15 ^j
16	30	0	47.19 ^{gh}
17	0	30	58.65 ^{abcd}
18	15	15	26.38 ^k
19	35	0	49.28 ^{ghm}
20	0	35	21.01 ^k
21	17.5	17.5	107.38 ^b

El superíndice que aparece en el promedio del parámetro indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan (P<0.05)).

* Celulosa

** Maltodextrina

Las muestras elegidas para continuar con los análisis resultaron de las pruebas realizadas en las masas, esto tomando en cuenta la prueba de Duncan (P<0.05)

en el análisis estadístico que se realizó, se tomaron en cuenta las muestras que tuvieron menos diferencias significativas con respecto al testigo, aunque no en todas las pruebas se coincidía, se eligieron las que concordaran en mayor número de veces en los análisis. Para la elaboración del pastel se tomaron 4 diferentes mezclas de harina y se continuó con el análisis de éstas junto con una formulación testigo, las muestras elegidas fueron la 10, 11, 12 y 18.

7.5. Análisis de textura a los pasteles elaborados a partir de las mezclas elegidas.

7.5.1. Prueba de comparación entre dureza y fracturabilidad

En el Cuadro 13 se observan los datos de acerca de la dureza y como esta se ve afectada por la adición de celulosa y maltodextrina en el primer día de su elaboración. El testigo de esta prueba tuvo un valor de 173.41 g y el P18 tuvo una suavidad de 220.66 g, esta medición fue la más cercana al testigo, ya que el P10, P11 y P12 obtuvieron valores de 252.02, 265.12 y 300.85 g. respectivamente, valores mayores al testigo, lo cual coincide con lo obtenido en el análisis estadístico como también se puede observar en el Cuadro 13.

Las grasas sustitutas basadas en carbohidratos, como es el caso de los almidones modificados, han sido reportados como imitadores de grasa por retener agua y proveer de lubricación, cuerpo y por dar una sensación agradable en la boca como las grasas no modificadas (Bath y col., 1992; Nonaka, 1997), de acuerdo con los autores anteriormente mencionados, la adición de maltodextrina (almidón modificado) en formulaciones de pan contribuye de forma directa en características como la suavidad del pan, por que al retener agua proporciona al

pastel una mayor resistencia al endurecimiento por su hidratación, pero en combinación con la celulosa proporciona mayor dureza, esto por las fuertes redes que forma las fibras de celulosa y el gluten de la harina. En esta investigación se mostró que los sustitutos de grasa afectaron las propiedades texturales de las muestras dependiendo del contenido de grasa. Las muestras preparadas con celulosa y maltodextrina dieron una mayor dureza, conforme iba incrementado la cantidad de reemplazantes, estos resultados concuerdan con los obtenidos. Evidentemente los resultados en el día uno difieren de los obtenidos durante el día dos donde la muestra que había mostrado parecido con el testigo (muestra 18) cambia, aumentado su valor de dureza, con lo cual se vuelve diferente significativamente del testigo, la misma tendencia siguen las muestras 10, 11 y 12, sin embargo esto no depende directamente de la formulación ya que también el testigo tuvo una mayor dureza que obedece principalmente al tiempo y las condiciones de almacenamiento (temperatura ambiente).

Cuadro 13. Efecto de la adición de sustitutos (celulosa y maltodextrina) sobre la dureza (g) en el producto al día 1 y 2 de su elaboración.

Muestra	% Celulosa	% Maltodextrina	Día Uno	Día Dos
T	0	0	173.41 ^c	237.72 ^c
P10	20	0	252.02 ^{ba}	373.05 ^b
P11	0	20	265.12 ^{ba}	353.29 ^b
P12	10	10	300.85 ^a	428.26 ^a
P18	15	15	220.66 ^{bc}	384.37 ^b

El superíndice que aparece en el promedio del parámetro indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan (P<0.05)).

En el Cuadro 14 se muestran los resultados del efecto del tiempo de almacenamiento en la dureza de los pasteles, los datos presentados corresponden a una media de las muestras analizadas durante este periodo en el que factores como: tiempo, temperatura y almacenamiento, influyen. Los resultados de dureza en los pasteles coinciden con lo reportado en la bibliografía.

Huber y BeMiller (2001) reportaron que los geles de almidón (día 0) fueron muy suaves y no mostraron ninguna diferencia en dureza, entre almidones nativos y modificados. Aunque, después de una semana de almacenamiento, los geles se hicieron duros y esta dureza mostró diferencias entre las muestras. Los geles de hidroxipropilato de almidón tuvieron una mayor suavidad que los almidones nativos durante el almacenamiento en refrigeración, estos resultados fueron consistentes con lo que reportado por Liu y col. (1999) y mostraron que los grupos hidroxipropil inhiben las cadenas de almidón.

Cuadro 14. Efecto del tiempo de almacenamiento en la dureza de los pasteles

Día	Dureza (g)
Uno	238.87 ^b
Dos	351.77 ^a

El superíndice que aparece en el promedio del parámetro indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan(P<0.05)).

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de fracturabilidad observamos que son valores altos en comparación con los de dureza, esto se debe a que se trata de la corteza del pastel solamente, es decir la parte mas deshidratada del pastel, sin embargo los resultados coinciden en que la formulación 18 (576.63 g) es la

que menos diferencias significativas tiene en comparación con el testigo (532.04 g), mientras que las muestras 10,11 y 12 tuvieron un valor mayor fracturabilidad, esto debido a lo que reporta Wootton y col., (1985) que proponen que la hidroxipropilación esta relacionada a la granulación y proporciones de amilosa y amilopectina, esto influye en un rearrreglo de los gránulos de almidón que tienden a dar suavidad a los alimentos; sin embargo esto se ve afectado también por las características que proporciona la celulosa, así como el horneado.

Cuadro 15: Efecto de la adición de sustitutos (celulosa y maltodextrina) sobre la fracturabilidad (g) en el producto

Muestra	% Celulosa	% Maltodextrina	Fracturabilidad (g)
PT	0	0	532.04 ^{dc}
P10	20	0	776.45 ^a
P11	0	20	655.14 ^{bac}
P12	10	10	708.08 ^{ba}
P18	15	15	576.63 ^{bdc}

El superíndice que aparece en los promedios indica la diferencia significativa según la ANOVA (prueba de Duncan (P<0.05)).

De las pruebas anteriores se determinó que muestra era la más parecida al testigo, esto a través del análisis de varianza aplicado y se tomo en cuenta la muestra que menos diferencia significativa tuviera en cuanto al testigo. La muestra elegida fue la numero 18, esta muestra contenía el 15% de celulosa y el 15% de maltodextrina adicionada en su formulación. A continuación se muestran los análisis que se realizaron tanto a la muestra elegida como al testigo.

7.6 Análisis químico proximal del producto

En el Cuadro 16 se muestra el análisis bromatológico de la formulación óptima, en este se observa que el contenido de proteína fue de 5.7%, el de fibra de 2.2 %, grasa 15.1%, cenizas 3.0% y humedad 14.0%. Estos resultados se compararon con un pastel comercial y se reporta que el contenido de proteína es igual, lo mismo con la fibra, cenizas, humedad pero no fue así para la grasa (30.27%). Al respecto Zambrano y col., (2004) informan acerca de la composición proximal de pasteles bajos en grasa, con un contenido de proteína de 6.6%, grasa de 14.5%, humedad de 19.8% y cenizas de 1.5%, estos datos concuerdan con los obtenidos en este estudio. En el Cuadro 16, también se muestra que la reducción de grasa fue del 50% comparado con los pasteles comerciales.

Cuadro 16. Comparación del análisis bromatológico entre el pastel elaborado con la formulación óptima baja en grasa y carbohidratos y un producto comercial.

Producto	Proteína	Fibra	Grasa	Cenizas	Humedad
COMERCIAL	5.6	2.3	30.27	3.0	14.3
REFORMULADO	5.7	2.2	15.1	3.0	14.0

7.7 Evaluación sensorial afectiva

La prueba se realizó de acuerdo con las especificaciones que da Anzaldúa (1994) para la prueba de preferencia. Esta se aplicó a 30 jueces tipo consumidor de los cuales 23 prefirieron la muestra de pastel que contenía 15% de celulosa y 15% de maltodextrina, mientras que 7 personas prefirieron el pastel testigo. Es un poco difícil analizar e interpretar estos datos ya que se trata de apreciaciones totalmente personales, pero para este caso se utilizó una prueba de Chi-Square

Test, y según este análisis, el 83.33% de las preferencias fueron para el pastel formulado y el 16.67% para el pastel testigo, con una diferencia significativa de $P < 0.005$, esto se muestra en la Figura 6.

Al respecto Tilmon y col., (2006) encontraron que un compuesto de gomas han mostrado ser un sustituto de grasa aceptable en pastelitos de chocolate. Las gomas utilizadas sustituyeron a la mayoría de la grasa en estos productos con chocolate (pastelitos y galletas de chocolate), al final el producto tuvo similar atractivo visual que los productos elaborados con grasa. Por lo que en nuestro análisis el aspecto visual también tuvo efecto, haciendo que los consumidores prefirieran la formulación con sustitutos.

Los resultados aquí reportados coinciden con lo mencionado por Zambrano y col., (2004), los pasteles que fueron adicionados con goma Xantana en un 50% fueron aceptados con un 89%.

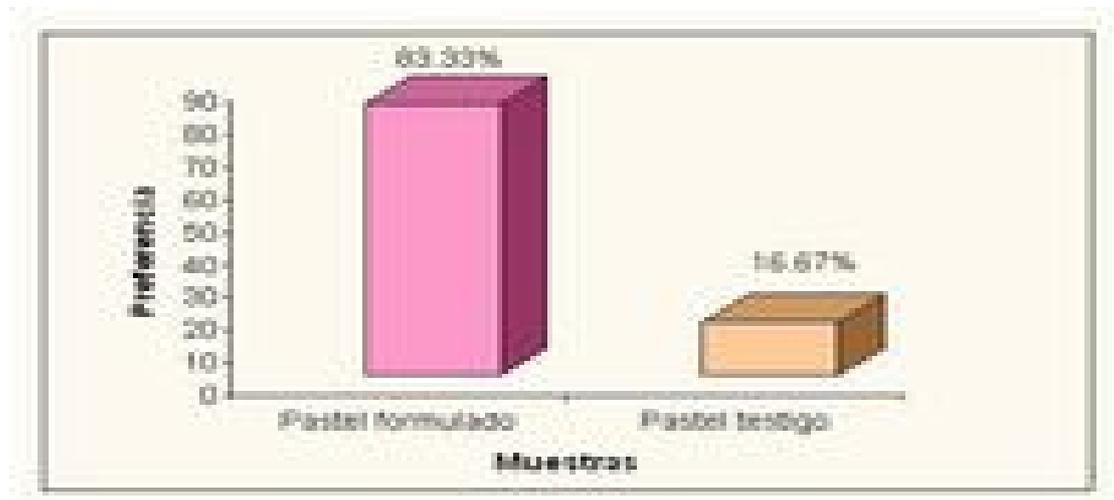


Figura 6. Grafica de la preferencia de los jueces durante el análisis sensorial.

7.8 Comparación entre los diferentes tipos de miga que presentaron las muestras analizadas.

La Figura 7, presenta la miga de un pastel testigo en la cual se observa una calidad de miga homogénea en cuanto al tamaño del alveolo, la Figura 8 muestra la miga del pastel con un 20% de celulosa y 0% de maltodextrina, se tienen alvéolos más cerrados, la Figura 9 muestra un pastel con 0% de celulosa y 20% de maltodextrina con una miga mas compacta, la Figura 10 presenta un aspecto de miga de pastel con el 10% de celulosa y el 10% de maltodextrina se observa que la calidad de miga es más compacta que las figuras anteriores, la Figura 11 muestra la calidad de miga de un pastel con 15% de celulosa y 15% de maltodextrina la cual presenta una miga aún más compacta.

La masa debe ser extensible para prevenir la ruptura de las membranas entre las celdas de aire según lo que reportan Mani y col. (1992). La aireación que se produce durante el amasado proporciona pequeñas burbujas de aire que actúan como puntos de nucleación para la difusión del CO₂ y el crecimiento de dichas celdillas durante la fase de fermentación. Sin estos puntos de nucleación el CO₂ producido no tendría sitios o huecos a donde ir y se saldría de la masa por lo que se produciría un pan con muy pocas celdillas de gas, escaso volumen y una estructura abierta y poco atractiva. En general todos los panes presentan una distribución de las celdillas uniforme, lo que indica que hubo una buena aireación durante el amasado y que la masa empleada tenía una extensibilidad aceptable, y por lo tanto el CO₂ producido durante la cocción del pastel se difundió correctamente y no salió de la masa haciendo que el producto final tenga un volumen adecuado.

Es bien sabido que las grasas en el sistema de pastel tienen un rol en la incorporación y estabilización de celdas de aire (Bath y col., 1992; Brooker, 1993). Al respecto Suyong y col., (2005), reportaron que en pasteles adicionados con Oatrim como sustituto de grasa, el volumen disminuía, estos al compararse con el testigo mostraban una baja viscosidad al aumentar su contenido de Oatrim. Esto obedece a que durante el mezclado, las burbujas de aire son ocluidas y permiten una elongación en las masas.

Las migas de la figuras 7, 8, 9, 10 y 11 corresponden con lo reportado por Güemes (1998), dónde las migas de los panes mejoran con la adición de celulosa, pero no con los almidones modificados, ya que la miga se ve afectada por la presencia de estos.



Figura 7. Aspecto de la miga del pastel levado (0% celulosa-0% metilcelulosa)



Figura 8. Aspecto de la miga de la muestra 10 (20% celulosa-0% metilcelulosa)

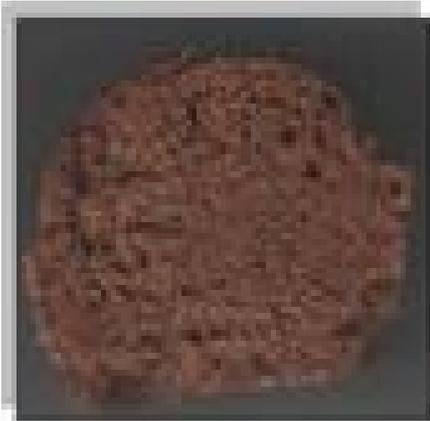


Figura 9. Aspecto de la miga de la muestra 11 (0% celulosa-20% metilcelulosa)



Figura 10. Aspecto de la miga de la muestra 12 (10% celulosa-10% metilcelulosa)



Figura 11. Aspecto de la miga de la muestra 16 (15% celulosa-15% metilcelulosa)

7.9 Análisis microbiológicos de los pasteles testigo y formulación óptima (m.o. mesofílicos aerobios, hongos y levaduras).

En el Cuadro 17 se muestran los resultados obtenidos en el análisis microbiológico del pastel para encontrar organismos mesofílicos aerobios. Las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente. En la primera semana de almacenamiento se encontraron 50 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en el pastel de formulación testigo (0% de celulosa y 0% maltodextrina) a las 24 y 36 h (primer y segundo conteo), y durante esa primer semana los pasteles formulados (15% de celulosa y 15% maltodextrina) no presentaron ningún crecimiento hasta el tercer conteo es decir a las 72 h, que ya presentaban 50 UFC. En la segunda semana en el conteo realizado a las 24 h tanto el producto testigo como el producto formulado presentaron 50 UFC, en el siguiente conteo a las 36 h ambas muestras eran ya incontables. El conteo en la tercera semana en los dos tratamientos era incontable, debido a la contaminación que presentaban. Los resultados obtenidos con el análisis microbiológico, dejan ver que el empleo de sustitutos de grasa como la celulosa proporciona un incremento en la vida de anaquel del pastel, Kohyama y Nishinari (1992) dicen que la adición de celulosa modificada en formulaciones de productos de panificación incrementa el tiempo de almacenamiento.

Cuadro 17: Conteo total de unidades formadoras de colonias de m.o. mesofílicos aerobios en agar métodos estándar, durante 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} semanas de almacenamiento a temperatura ambiente.

Semana	Muestra	24 Hrs	36 Hrs	72 Hrs
1	Testigo	50 UFC	50 UFC	N/C
	Formulado	0 UFC	0 UFC	50
2	Testigo	50 UFC	N/C	
	Formulado	50 UFC	N/C	
3	Testigo	N/C	N/C	
	Formulado	N/C		

UFC= Unidades Formadoras de Colonias

N/C= No Contables

Los resultados obtenidos de este análisis, se encuentran dentro de lo que reporta la Norma Oficial Mexicana (1996), la cual señala que para mesofílicos aerobios el límite máximo es de 10000 UFC.

En el Cuadro 18 se presentan los datos obtenidos del análisis del pastel para la detección de hongos y levaduras, en este caso se mantuvieron las muestras a 10°C. En el conteo en la primera semana a las 36 y 72 hrs, el pastel con la formulación testigo presentó el crecimiento de 50 UFC, mientras que las muestras de pastel con sustitutos (15% de celulosa y 15% maltodextrina) no mostraron ningún crecimiento. En la segunda semana de almacenaje, el testigo se mantenía sin crecimiento, sin embargo, la muestra adicionada con sustitutos si exhibió UFC, tantas que a las 72 h ya eran incontables. En la tercera semana el testigo seguía limpio, pero la formulación se presentó incontable. La formulación con maltodextrina y celulosa se mostró más sensible al crecimiento de hongos. De

acuerdo a lo reportado por Ang y Miller (1991); los panes ganan más volumen y peso por retención de agua, esto hace suponer que los pasteles adicionados con celulosa fueron más sensibles al crecimiento de hongos por la presencia de ésta.

Cuadro 18. Conteo de unidades formadoras de colonias a las 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} semanas de almacenamiento del pastel normal y reformulado, a temperatura de refrigeración (10°C, HR= 80%), conteo de hongos y levaduras.

SEMANA	MUESTRA	24 HRS	36 HRS	72 HRS
1	Testigo	0 UFC	50 UFC	50 UFC
	Formulado	0 UFC	0 UFC	0 UFC
2	Testigo	0 UFC	0 UFC	50 UFC
	Formulado	50 UFC	50 UFC	N/C
3	Testigo	0 UFC	0 UFC	0 UFC
	Formulado	N/C		

UFC= Unidades Formadoras de Colonias
N/C= No Contables

Los resultados de este análisis, se encuentran dentro de lo que reporta la Norma Oficial Mexicana (1996), la cual señala que para hongos y levaduras un límite máximo de 50 UFC, en las semanas en las que las muestras fueron incontables influye el tiempo y condiciones de almacenaje, así como la actividad de agua.

VIII. CONCLUSIONES

- 🔥 El análisis químico proximal de la harina de trigo suave no cumplió con lo establecido por la N.O.M.
- 🔥 Del APT aplicado a las masas se concluye que en cuanto a la dureza, las masas se ablandaban conforme se aumentaba el contenido de maltodextrina y un efecto contrario se presentaba con el incremento de celulosa. La cohesividad de las masas se aumentaba conforme se incrementaba la celulosa y un efecto contrario presentaban al aumentar la maltodextrina. La elasticidad de las masas disminuía conforme se aumentaba el contenido de celulosa, no fue así en las masas adicionadas con maltodextrina que se hicieron más elásticas.
- 🔥 En las pruebas de adhesividad se mostró que las masas tenían el efecto de ser más adhesivas al incrementarse el contenido de maltodextrina, no fue así para las adicionadas con celulosa. Este mismo efecto se ve reflejado en la cohesividad.
- 🔥 La prueba de extensibilidad en las masas mostró una resistencia a la extensión por la presencia de la maltodextrina y la celulosa.

- 🍩 La formula óptima de masas para elaborar pasteles de chocolate fue la elaborada con 15% de celulosa y 15% de maltodextrina.
- 🍩 La suavidad de los pasteles mejoró con respecto al testigo con la presencia de maltodextrinas.
- 🍩 En las pruebas de almacenamiento de dos días se muestra el envejecimiento del pan al no proporcionar ninguna condición de empaque.
- 🍩 La muestra con 15% de celulosa y el 15% de maltodextrina fue similar al testigo de acuerdo a la prueba realizada de fracturabilidad y dureza.
- 🍩 El contenido de grasa en la formula óptima de pastel elaborados con maltodextrina y celulosa se disminuyó en un 50% con respecto a un pastel de chocolate comercial
- 🍩 La evaluación sensorial de los pasteles de la formula óptima mostró una mayor aceptación con respecto al testigo.
- 🍩 La miga obtenida en el pastel con la formulación óptima (15% celulosa y 15% maltodextrina) se presentó con un menor tamaño del alveolo, es decir compacta, con respecto al testigo.

- 🍄 Los análisis microbiológicos aplicados tanto al pastel testigo como al reformulado, se vieron atacados por hongos y microorganismos mesofílicos aerobios, sin embargo este crecimiento se encuentra dentro de la NOM.

IX. RECOMENDACIONES

- 🍄 De este trabajo se deduce que la adición del sustituto de grasa podría realizarse en forma de gel, tratando de mejorar la textura de las masas, al ser adicionada en proporciones mayores.
- 🍄 Se sugiere llevar a cabo una sustitución en el contenido de chocolate de la fórmula para obtener una mayor reducción en el contenido de calorías del producto.
- 🍄 Se recomienda el realizar un estudio de vida de anaquel con diferentes empaques y atmósferas controladas.

X. BIBLIOGRAFÍA

- ☞ A.A.C.C METHODS. 2000. Approved methods of the american association of Cereal Chem. The Association, St. Paul.
- ☞ A.O.A.C. 1990 Association of official analytical chemist. official methods of analysis. Washington, DC.
- ☞ Akoh, C. C. 1994a. Synthesis of carbohydrate fatty acid polyesters. in: *carbohydrate polyesters as fat substitutes*. Akoh, C. C. Swanson, B. G. (Eds.) Marcel Dekker, Inc., New York.
- ☞ Akoh, C.C. 1995. Lipid based fat substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35:405.
- ☞ Akoh, C. C. and Swanson, B. G. 1989b. Preparation of trehalose and sorbitol fatty acid polyesters by interesterification. *J. Am. Oil Chem Soc.* 66:1581.
- ☞ Akoh, C. C. and Swanson, B. G. 1990. Optimized synthesis of sucrose polyesters: comparison of physical properties of sucrose polyesters, raffinose polyesters and salad oils. *J. Food Sci.* 55: 236.
- ☞ Ang, F. J. and Miller, B. W. 1991. Multiple functions of powdered cellulose as a food ingredient. *Cereal Chem.* 36 (7) 558-564.
- ☞ Anonymous. 1989. Fats, oils and fat substitutes. *Food Technol.* 3:72.
- ☞ Anonymous, 1991. Carbohydrates –based ingredients perform like fat for use in a variety of food applications. *Food Technol.* 45:262.
- ☞ Anzaldúa M.A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

- ☛ Artz, W. E. and Hansen, S. L. 1996a. Current development in fat replacers. In: *Food Lipids and Health*, McDonald, R. E., Min, D. B. (Eds.). Marcel Dekker. Inc., New York.
- ☛ Artz, W. E. and Hansen, S. L. 1996b. The chemistry and nutrition of nonnutritive fats. In: *Deep Frying: Chemistry, Nutrition and Practical Applications*, Perkins, E. G., Erickson, M. D. (Eds.). American Oil Chemists' Society, Champaign, IL.
- ☛ Bath, D. E., Shelke, K., and Hoseney, R. C., 1992. Fat replacers in high-ratio layer cakes. *Cereal Foods World*, 37(7), 495-500.
- ☛ Beltran O. Ma. del C. 1995. Elaboración de un producto "light" de panificación tipo bizcocho. Industria Alimentaria.
- ☛ Bloksma, A. H. and Bushuk, W. 1988. Rheology and chemistry of dough in *Wheat Chemistry and Technology*. Ed. Por Y Pomeranz, Ed. Am. Assoc. Cereal Chemistry. St. Paul, M.N.
- ☛ Borzelleca, J. F. 1996. A proposed model for safety assessment of macronutrient substitutes. *Regulatory Toxicol. Pharmacol.* 23:S15.
- ☛ Bourne, M. C., 1982. Food texture and viscosity: concept and measurement, Ed. Academic Press, New York.
- ☛ Bourne, M.C. and Cumstock, S. H. (1981). Effect of degree of compression on texture profile parameter, *J. of Texture Studies*, 12.
- ☛ Brooker, B.E. 1993. The stabilization of air in cake batters- The role of fat. *Food Struct.* 12: 285.296.

- ☛ Casas A., N. B. y Ramírez, M. E. 1998. Apuntes de curso para superación de profesores: medición de textura en alimentos con maquina universal de deformación (texturómetro), FES-Cuautitlán-UNAM
- ☛ Chen, W. Z. and Hosney, R. C., 1995. Wheat flour compound that produces sticky dough: insolation and identification, *J. Food Sci.*, 60 (3) 434-437.
- ☛ Crosby G.A. and Ang J.F. 2005. "Formulating reduced- calorie foods with powdered cellulose" . A publication of the Institute of Food Technologists. *Food Tech*, March, Vol. 59 No. 3, 35-38.
- ☛ Degraaf, C., Hulshof, T., Weststrate, J. A., and Hautvast, J. G. A. J. 1996. Nonabsorbable fat (sucrose polyester) and the regulation of energy intake and body weight. *Am J. Physiol.- Regulator, Integrative, and Comparative Physiology* 39:R1386
- ☛ De Man, J., Volsley, P., Rasper, V. and Stanley, D., 1976. Rheology and texture in food quality, Ed. AVI Pub. , Wesport Conn.
- ☛ Dong, W. and Hosney, R. C., 1995. Effects of certain bredmaking oxidants and reducing agents on dough rheological properties, *Cereal Chem*, 72 (1) 58-64.
- ☛ Drake, M. A., Nagel, C. W., and Swanon, B. G. 1994. Sucrose polyester content in foods by a colorimetric method. *J. Food Sci.* 59: 655.
- ☛ ENSANUT, 206. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, 2006.
- ☛ Frye, A. M., and Setter, C. S. 1993. Bulking agents and fat substitutes. In *Low-Calorie Foods Handbook*. Altschl, A. M. (Ed.), Maarcel Dekker, Inc., New York.

- ☛ Fu, J. Mulvaney, S. J. and Cohen, C., 1997. Effect of added fat on the rheological properties of wheat flour doughs, *Cereal Chem*, 74 (3) 304:311.
- ☛ Garn, S. M. 1997. From the miocene to olestra- a historical perspective on fat consumption. *J. Am. Dietetic Assoc.* 97:S54.
- ☛ Gershoff, S. N. 1995. Nutrition evaluation of dietary fat substitutes. *Nutr. Rev.* 53:305.
- ☛ Grossklaus, R. 1996. Fat replacers- requirements from a nutritional physiological point of view. *Fett Wissenschaft Technologie* 98:136.
- ☛ Güemes (1998). Efecto de la adición de sustitutos de grasa a base de carbohidratos sobre las características de donas fermentadas y no fermentadas. Tesis de Maestría. E.N.C.B.-I.P.N.-D.G.I.A.
- ☛ Hansen, L.M. and Sester, C. S. 1990. Texture evaluation of baked products using descriptive sensory analysis. In dough rheology and baked product texture, Editado por H. Faridi y J. M. Faubion. Ed. AVI. USA
- ☛ Holmes, J. T. and Honesey, R. C. 1987. Chemical leavening: effect of pH and certains Ions on breadmaking properties . *Cereal Chem.* 64 (5): 343-348
- ☛ Huber, K. C. and BeMiller, J. N. 2001. Location of sites of reaction within starch granules. *Cereal chemistry.* 71 9-36.
- ☛ Kaoru, K. and Katsuyoshi, N. 1992. Cellulose derivates effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. of food Sci*, 57:1.
- ☛ Kent, 1987. Tecnología de cereales. Ed. Acribia, España.
- ☛ Lang, C. E., Neises, E. K. and Walkwer, C. E. 1992. Effects of additives on flour-water dough mixograms. *Cereal Chem.* 69 (6) 587-591.

- ☛ Lee, S., Kim, S. and Inglett, G. E. 2005. Effect of shortening replacement with Oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal chemistry*. 82 (2) 120-124.
- ☛ Liao, Y., Miller, R. A., and Hosney, R. C., 1998. Role of the hydrogen peroxide produced by baker's yeast on dough rheology. *Cereal chemistry*. 75 (5) 612-616.
- ☛ Liu, H., Ramsden, L., and Corke, H. 1999. Physical properties and enzymatic digestibility of hydroxypropylated ae, wx, and normal maize starch. *Carbohydrate polymers*. 40 175- 182.
- ☛ Mani, K., Eliasson, A. C., Lindhal, L. and Trägårdh, C., 1992. Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. *Cereal chemistry*. 69 (2) 222-225.
- ☛ Manohar, S. R. y Rao, H. P. 1999. Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuits dough and quality of biscuits. *Journal science food agric*. 79 1223- 1231.
- ☛ Medina A. 1991. Una proteína sustituye a la grasa... Simplese. Directorio de lácteos Mexicanos
- ☛ Miller, G. D., and Groziak, S. M., 1996. Impact of fat substitutes on fat intake. *Lipids* 31:S293.
- ☛ Miraglio, A. M., 1995. Nutrient substitutes and their energy values in fat substitutes and replacers. *Am. J. Clin. Nutr.* 62:S1175.
- ☛ Norma Oficial Mexicana NOM-F-7-1982. Harina de trigo.
- ☛ Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Métodos para el conteo de bacterias aerobias en placa para la expresión de los resultados.

- ☞ Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996. Cereales y sus productos.
- ☞ Nonaka, H. H. (1997). Plant carbohydrate-derived products as fat replacers and calorie reducers. *Cereals Food World*. 42, 377-378.
- ☞ O'Brien, T. M. 1977. How many reduced or low calorie food can there be? *Food Product Develop*. 32 (8) 13.
- ☞ Palmer, J. K. 1982. Carbohydrate in sweet potato. In sweet potato. Proceedings of the first internacional symposium, R. L. Villareal and T. D. Griggs (Ed.), p. 135. Asian vegetables research & development center, Taiwan.
- ☞ Pizzanato, A. and Hosney, R. C. 1980. Rheological changes in cracker sponges during fermentation. *Cereal chemistry*. 57 (3) 185-188.
- ☞ Pons, S. M. and Fiszman, H. M. 1996. Instrumental textura profile análisis with particular referente to gelled system. *Journal of texture studies*, 27.
- ☞ Rao, M. A. and Steffe, J. F. 1992. Viscolelastic properties of foods. Ed. Elsevier applied science. England.
- ☞ Rios, J. J., Perezcamino, M. C., Marquezrui, G., and Dobarganes, M. C. 1994. Insolation and characterization of sucrose polyesters. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71:385.
- ☞ Roach, R. R. and Hosney, R. C. 1985. Effect of certain surfactwnts on the starch in bread. *Cereal chemistry*. 72 (6) 578-582.
- ☞ Rolls, B. J. 1995. Carbohydrates, fat and saiety. *Am. J. Clin. Nutr.* 61:S960.
- ☞ Rosenthal, A. J. 1999. Food texture: measurement and perception. Ed. Aspen publishers, USA.
- ☞ SAS, 2000. SAS Guide user's SAS Institute. Cary N. C. USA

- ☛ Serna S. 1996. Química almacenamiento e industrialización de los cereales. Primera edición AGT editor, S.A. México.
- ☛ Singh Gujral y Pathak 2002
- ☛ Spies, R. 1990. Application of rheology in the bread industry in dough rheology and baked product texture. Editado por H. Faridi and J. M. Faubion, eds. Ed. AVI, New York.
- ☛ Suyong, L., Sanghoon, K., and George, E. I., 2005. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. Cereal Chemistry. 82 (2) 120-124
- ☛ Szczesniak, A. S. 1963. Classification of textural characteristics. Journal food science, 28.
- ☛ Tamime, A. Y., Barclay, M. N. I., Davies, G., and Barrantes, E. 1994. Production of low calorie yogurt using skim milk powder and fat substitute. 1. A review Milchwissenschaft 49:85.
- ☛ Texture technologies. 2002. The texture report. A newsletter for the academic commercial clients of texture technology corporation.
- ☛ Tilmon, R. W. and Romanchik, J. E. 2006. Feasibility of using okra exudates as a fat replacer in low fat chocolate dropped cookies. Journal of American dietetic association. A-23
- ☛ U.S. Wheat Associates. 1985. Los ingredientes del pan su acción y su reacción, 1a parte, revista del pan, abril. 56-84
- ☛ U.S. Wheat Associates. 1985b. Los ingredientes del pan su acción y su reacción, 2a parte, revista del pan, mayo. 72.

- ☛ Vetter, J.L. 1994. Food labeling: requirements for FDA regulated products, Am. Inst. of Baking, Manhattan, Kans.
- ☛ Wang, F. C. and Sun, X. S. 2002. Creep- recovery of wheat flour doughs and relationship to other physical dough test and breadmaking performance. Cereal chemistry. 79 (4) 567- 571.
- ☛ Wootton, M., Kesavamoorthy, S., and Azemi, B. M. 1985. Analysis of hydroxipropil starch hydrolysates by high performance liquid chromatography. Starch 37 276-279.
- ☛ Zambrano, F., Despinoy, R. C. S. C Ormenese and Faria, E. V. 2004. The use of guar and xanthan gums in the production of light low fat cakes. International journal of food science technology. 39 959-966.
- ☛ www.ift.org
- ☛ www.nutriinfo.com.ar