

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

“Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una
Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de
otros Cereales aplicado en la Industria Galletera”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Diana Alexandra Núñez Flores

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A todo el equipo de DNP- Nestlé que colaboró en la realización y éxito de este proyecto, y especialmente a la Ing. Priscila Castillo, Directora de Tesis, por su paciencia e incalculable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES POR TODA LA
CONFIANZA DEPOSITADA EN MÍ
Y A MIS HERMANOS POR SU
APOYO INCONDICIONAL.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Priscila Castillo S.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Sandra Acosta D.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Diana Alexandra Núñez Flores

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha registrado un incremento en los precios del trigo a nivel mundial, que es el resultado de factores como el bajo rendimiento de las cosechas y la creciente demanda de biocombustibles, entre otros. Lo que ha generado escasez, problemas de abastecimiento y especulación de precios en los países de destino, entre ellos el nuestro.

Por todo esto los grandes productores industriales empiezan a buscar alternativas que puedan sustituir a la harina de trigo, a fin de contrarrestar los efectos antes mencionados, y al mismo tiempo lograr un aprovechamiento integral de los recursos agrícolas nacionales en cuanto a cereales se refiere.

En nuestro país existen gramíneas de excelente valor nutricional y alto índice de rendimiento, como la cebada y el maíz. Y es debido a este potencial que se planteó la posibilidad de realizar esta sustitución con la harina que presente una alta diferencia con la harina de trigo, siendo este el caso de la harina de maíz.

En esta tesis se comprueba la factibilidad tecnológica de esta sustitución parcial de harina de trigo a fin de solucionar la complejidad tecnológica que se presente y su factibilidad económica a través de una proyección de costos de producción en un periodo estimado de un año.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Área de estudio.

El área de estudio en la que se desarrolla esta tesis es en el campo de la Ingeniería de alimentos, usando recursos de los procesos industriales y el desarrollo de nuevos productos para su aplicación directa en la industria galletera nacional.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Generar nuevas alternativas de uso de cereales tradicionales de nuestro país como materias primas principales dentro de un proceso convencional de fabricación de galletas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el perfil Bromatológico de las harinas parcialmente sustituidas.
- Determinar el perfil Reológico de las harinas parcialmente sustituidas
- Monitorear el comportamiento de las harinas parcialmente sustituidas durante el proceso y definir sus etapas de control al realizar pruebas experimentales en la línea de fabricación.
- Analizar físicamente y químicamente el producto terminado y compararlo con el estándar de fabricación para elegir el prototipo que mejor lo cumpla.
- Realizar evaluación sensorial y prueba de transporte al prototipo seleccionado.
- Determinar el tiempo de vida útil del prototipo seleccionado.
- Realizar una proyección de costos de producción con el prototipo seleccionado dentro de un periodo anual.

1.3. Metodología

La metodología a seguir para esta tesis es experimental, puesto que primero se realizó un profundo análisis de la situación actual de la harina

de trigo a nivel mundial y su efecto en la industria alimenticia para luego buscar alternativas de solución a su escasez y altos precios de venta.

Considerando varias opciones entre los cereales de producción nacional, para luego realizar una comparación de las características y propiedades de los mismos a fin de seleccionar el que mayor diferencia presente para poder generar un alto grado de complejidad técnica que nos permita garantizar el éxito del proceso de fabricación de galletas con la sustitución parcial de harinas de bajo grado de diferenciación.

Además de esto se estudiaron los posibles porcentajes de sustitución parcial según la tolerancia de la línea de fabricación que implica la flexibilidad al reemplazo de ingredientes en la masa y su comportamiento en la misma, para dar paso a los ensayos en línea de fabricación.

En la experimentación, previo a los ensayos se realizaron análisis de perfil bromatológico y reológico con la harina parcialmente sustituida para predecir su comportamiento en los equipos, con un farinograma y un extensograma.

Y con estos datos se realizaron ensayos con el porcentaje de sustitución que presente mayor complejidad técnica (12%), para monitorear su comportamiento en cada etapa del proceso de fabricación verificando las condiciones de operación y haciendo los ajustes necesarios dentro del mismo, pero sin que se presenten mayores variaciones tecnológicas para que no afecten el costo de producción.

Con el producto de los ensayos se realizaron los análisis físicos y químicos correspondientes para seleccionar el prototipo de galleta con harina parcialmente sustituida que cumpla los estándares de fabricación de la galleta original para luego realizar la evaluación sensorial, prueba de transporte y determinación de tiempo de vida útil.

Lo que nos confirmará que es un producto uniforme con la misma calidad del original pero que disminuirá considerablemente el costo de materia prima por lo que se realiza una proyección de costos de producción con esta nueva alternativa de sustitución para el lapso de un año.

1.4. Estructura de la tesis

La estructura de esta tesis esta compuesta de seis capítulos que se detallaran a continuación:

En el primer capitulo se explica el campo de aplicación de este tema de tesis junto a sus objetivos generales y específicos, así como la metodología a seguir durante su desarrollo.

Previo a la etapa experimental se dará una introducción de la situación actual del trigo a nivel mundial y el impacto que genera en la industria alimenticia, lo cual consta en el segundo capitulo. A continuación se presenta un análisis y una comparación de las características y composición de 4 tipos de harinas de diferentes cereales andinos de nuestro país como posibles alternativas de sustitución parcial de la harina de trigo, así como también su producción y usos a nivel nacional.

A continuación se detalla el proceso de fabricación de las galletas de masa dura con cada una de sus etapas de producción. Y también la clasificación de los tipos de masas para galletería, con el posterior

detalle del tipo de galleta que vamos a trabajar en la tesis que es la galleta semidulce de masa dura.

En el tercer capítulo se explican los materiales y métodos que se usaron previo a la etapa de experimentación y durante el desarrollo de la misma. Comenzando por la selección de los posibles porcentajes de sustitución parcial. Siguiendo con los análisis del perfil bromatológico y reológico de la harina sustituida, para continuar con el detalle de los ensayos en la línea de fabricación, en donde se incluye el monitoreo de cada una de las etapas de fabricación para conocer el comportamiento de la masa con la nueva harina sustituida.

Posterior a esto se explican los análisis físicos y químicos que se realizan al producto terminado para seleccionar el prototipo que mejor cumpla los estándares de calidad para continuar con la evaluación sensorial, prueba de transporte y finalmente el método de determinación del tiempo de vida útil del prototipo seleccionado.

El capítulo cuatro consta del análisis de resultados de la determinación del perfil bromatológico y reológico de las harinas parcialmente

sustituidas así como de los resultados de las pruebas experimentales en la línea de fabricación con sus respectivos parámetros y de la determinación de la vida útil del prototipo seleccionado.

En el capítulo cinco se presenta la proyección de los costos de producción con el prototipo seleccionado dentro de un periodo anual, tomando en cuenta los costos de los cereales y sus tendencias de crecimiento y finalmente en el capítulo seis se exponen las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de la situación actual de la Harina de Trigo a nivel mundial.

Para analizar la situación actual del Trigo a nivel mundial, nos centraremos en dos componentes importantes del mercado: la oferta y la demanda.

Oferta de Harina de Trigo.

Los principales productores de trigo son la Unión Europea, China, India y los Estados Unidos; los cuales representan poco menos del 60% de la producción mundial.

Sin embargo, desde 1998 a excepción del año 2004, las cosechas de estos grandes productores han tenido problemas que se han reflejado en los mercados mundiales.

La producción a nivel mundial entre los años 1961-1997, mostraban una clara tendencia de crecimiento de un promedio de 3 % anual (8). Hasta que al llegar a la última década la producción se estabilizó debido a diversos factores entre los que contamos disminución de las políticas de apoyo, estancamiento de los rendimientos y sobre todo el clima que afecta directamente a los cultivos, generando así una disminución de de aproximadamente un 4 % desde el 2005. Fuente: USDA (8).

La disminución de la producción no tuvo impacto en el precio hasta el año 2007 porque el empleo del inventario compensó el déficit de producción. Pero este se redujo paulatinamente, haciendo que se vuelva muy débil a mediados del 2007, lo que provocó una situación de especulación en el mercado, llevando a una carrera del alza del precio del trigo.

La producción responde justo al consumo y ya no se puede contar con el inventario mundial que había para suplir el déficit de producción. El mínimo incidente climático sobre los cultivos de trigo o disminución de las cosechas provocaría un fuerte incremento en los precios. Para el año

2008 se estimó una producción de 642 millones de toneladas, considerando una mayor siembra y un rendimiento superior, según datos de FAO (8).

La producción de trigo además ha entrado en un nuevo ciclo con el impulso del biocombustibles, cambiando la dirección de los mercados agrícolas. La tendencia del agricultor hoy en día es entregar su cereal a la planta de etanol en vez de a la granja, lo cual obliga al ganadero a utilizar el trigo para alimento de sus animales (8).

Demanda de Harina de Trigo.

El consumo mundial ha tenido una progresión dinámica sin descanso desde 1961. El gran crecimiento de los países emergentes, sobre todo China e India, ha elevado el nivel de vida de sus habitantes durante la última década. Y como consecuencia, estas naciones han tenido un mayor consumo de cereales y carne (tomando en cuenta que para producir un kilo de carne se requieren entre 3 y 10 kilos de cereales).

El consumo mundial de trigo en el 2008 se estimó en 616.45 millones de toneladas, el cual no es tan distante al consumo estimado en el 2007 que fue de 616 millones de toneladas (8).

Un factor muy importante de la demanda de trigo a nivel mundial son las importaciones, aunque las exportaciones de trigo están concentradas en pocos países, los países importadores son numerosos y una gran parte importa cantidades grandes.

No obstante, la gran masa de transacciones de importaciones corresponden a los países en vías de desarrollo con un potencial de desarrollo limitado y donde hay un ritmo de crecimiento demográfico rápido.

El mercado principal del trigo mundial es el consumo humano e industrial, muy superior al consumo animal. El trigo es el primer cereal asumido por el hombre y entra en la composición básica de su alimentación, por lo que es difícil de sustituir. El trigo suave permite fabricar harinas, galletas y etanol, mientras que el trigo duro es destinado a la fabricación del pan.

2.2. Estudio de las características y propiedades de las harinas de diferentes cereales andinos: Trigo, cebada, quinua y maíz.

La variedad de cereales andinos que existen en nuestro país presentan diferentes propiedades y composición nutricional, por lo que de las opciones de cereales planteados, se realiza una comparación de sus características principales, su estatus de industrialización, y de sus ventajas y desventajas en la industria galletera.

El cuadro siguiente muestra la comparación:

Tabla 2.1
Características de las harinas de los cereales.

Cereal	Estatus de Industrialización	Características	Ventajas	Desventajas
Trigo Soft	Se produce Harina de Trigo para panificación y galletería con trigo importado en su mayoría en Guayas, Manta.	Es apta para la formación de masas, pues la harina y agua mezcladas, producen una masa consistente por el gluten que posee.	Posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína - gluten). Produce una masa consistente a la que puede darse la forma deseada, y obtener un adecuado desarrollo de volumen.	Baja en valor nutricional, carece de aminoácidos esenciales. Baja producción en nuestro país, solo del 8 % anual.
Cebada	Se produce harina de cebada en molinos de Riobamba, cuya producción es vendida mayormente a la industria cervecera.	El grano de cebada contiene gluten en poca cantidad y ello hace que sea una harina dura de subir cuando se hace pan y repostería.	Crece en una gran variedad de circunstancias climáticas, incluyendo suelos secos. De fácil combinación harinas similares por su bajo contenido de gluten. Bajo costo de producción.	Harina dura de subir cuando se hace pan y repostería.
Quinua	Se produce harina de quinua del cereal recogido de la región andina en molinos de Riobamba y Quito	La quinua es un grano nativo de los Andes. Carece de gluten y es rico en proteínas.	Es un alimento con el más alto valor nutritivo en comparación con los demás cereales. Se puede sembrar a grandes alturas y tolera las heladas, los vientos y las sequías más que otros cultivos.	El contenido de saponinas del grano hace que tenga un amargor no deseable si es que no pasa por un proceso de desaponificación.
Maíz Blanco Grizt / Maíz amarillo	Se produce Harina de maíz en molinos de la provincia de Riobamba, Quito.	Se obtiene de la molienda de los granos de maíz, es el cereal que contiene más almidón, si se utiliza sola, no se aglutina la masa.	Es rico en almidones aunque no contiene gluten por lo que es recomendada para los celíacos (intolerantes al gluten).	No contiene gluten por lo que no es conveniente para la panificación ni la galletería.

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Fuente: FAO y SICA

Harina de Trigo

La harina de trigo es la única harina proveniente de un cereal, que presenta la característica de formar una masa gomosa y pegajosa cuando se mezcla con agua.

Esto debido a sus dos componentes principales, que son: el gluten y el almidón. Los cuales le dan en primera instancia sus características de

esponjosidad, extensibilidad y tenacidad en una masa a través del gluten y su fuente de azúcares para las reacciones químicas con el almidón.

En la práctica las harinas de galletería tienen un grado de extracción entre 70 y 76%, esto nos indica la cantidad de harina pura o blanca que se puede extraer del grano de trigo sin capas envolventes como el salvado de trigo, además de que vienen de trigos suaves o de primavera de bajo contenido proteico. (3)

Harina de Cebada

La cebada principalmente por sus características de cultivo, se presenta como una de las mejores opciones, puesto que puede crecer en una gran variedad de circunstancias climáticas superando al resto de cereales.

La idea de incluir harina de cebada como ingrediente de productos horneados, cada vez con mayor demanda entre los consumidores, tiene como principio la necesidad de contar con alimentos que no solo los satisfagan, sino que mejoren su calidad de vida.

Aunque la cebada tiene muy poco gluten y apenas se utiliza para hacer pan en Gran Bretaña y Europa occidental. En Rusia y otros países del

este europeo, en cambio, se siguen elaborando panes de harina de cebada mezclada con harina de trigo y de centeno para dar mayor volumen a la masa.

La harina de cebada se obtiene moliendo el grano de cebada entero, mientras que la harina de cebada blanca es el núcleo del grano de cebada molido sin la corteza exterior. Esta harina puede añadirse en pequeñas cantidades a la integral o a la blanca para producir un tipo de pan de sabor rústico.

Harina de Quinoa

Es una planta que produce granos pequeños de diferentes formas y colores, que pueden ser consumidos, cocinados o tostados, enteros o en harinas (Machica) y también produce muchas hojas verdes, que pueden ser consumidas en sopas o locros, es decir la quinoa es una planta de doble propósito. La Quinoa posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas.

Se caracteriza más que por la cantidad, por la calidad de sus proteínas dada por los aminoácidos esenciales que constituye como: la isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, y valina.

Harina de Maíz

Se obtiene de la molienda de los granos de maíz, es el cereal que contiene más almidón, si se utiliza sola, no se aglutina la masa, porque no posee gluten en su composición. No se la debe confundir con la "maicena", pues esta es una harina muy refinada que utiliza como espesante.

El maíz se compara favorablemente en valor nutritivo con respecto al arroz y al trigo; es más rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutricional es mas pobre son las proteínas. (3)

Cerca de la mitad de las proteínas del maíz están compuestas por zeína la cual tiene un bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano; esta deficiencia ha desaparecido en el maíz con proteínas de calidad que es el cereal de mayor valor nutritivo.(3)

2.3. Producción y usos de las harinas de cereales andinos en Ecuador.

La producción de trigo en el Ecuador apenas satisface del 1% al 6% de la demanda local, lo cual significa un promedio de 95% de trigo importado.

La producción total del país se encuentra entre las 15 mil y las 20 mil toneladas, con un rendimiento promedio que oscila entre las 2,5 y las 3 toneladas por hectárea. Fuente: SICA.

Este nivel de producción es insuficiente para cubrir con la demanda interna que se acerca a las 550.000 toneladas anuales. Es decir, que la producción solo alcanza para cubrir entre el 3% y el 4% de los requerimientos de los molinos. Fuente: SICA

Por estos motivos, hasta agosto del 2007, el Ecuador importó \$74,5 millones de trigo, de los cuales:

- \$46,6 millones provino de Canadá,
- \$16,5 millones de Argentina
- \$11,4 millones de EE.UU.

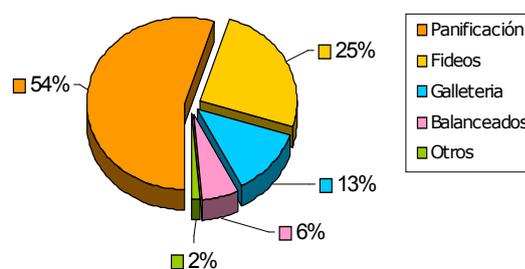
Fuente: Banco Central del Ecuador.

El destino que se da a la producción de trigo nacional así como volúmenes de trigo importado indica la siguiente división entre las industrias:

- El 50-60 % para la panificación
- El 20-30% para la fabricación de fideos y pastas.
- El 10-15% a la galletería
- El 5-7% para la fabricación de balanceados
- Entre el 1-2 % en otras industria

Figura 2.1

Distribución del uso de Trigo en las Industrias Alimenticias.



Fuente: Proyecto SICA.

Su precio actual se situó en \$0,72/Kg. en el año 2008. Según datos del sector molinero nacional.

Harina de Cebada

En la región Interandina, la cebada es cultivada por los campesinos más pobres del país y en áreas marginales de producción, ubicadas sobre los 3300 msnm (metros sobre el nivel del mar). Este cereal se ha constituido en el alimento básico de las poblaciones rurales y, después del maíz, es el de más amplia distribución, con un consumo que alcanza el 46% de la producción nacional. Según datos del INIAP.

Su precio en \$0,50/Kg. en el año 2008. Según datos del sector molinero nacional.

Harina de Quinua

La quinua constituye un cultivo de importancia económica en Perú y Bolivia; en estos países, la producción sirve para el consumo interno y la exportación.

En Ecuador, la situación es diferente, la quinua ha estado sometida a un proceso de "erosión genética", es decir, su cultivo estaba desapareciendo gradualmente. Las provincias en las que se cultiva

actualmente, en orden de importancia, son: Imbabura, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Carchi y Tungurahua. En Bolívar, Cañar, Azuay y Loja se ha extinguido; o si existe, es muy ocasional. Fuente: SICA.

Siendo destinada casi toda la producción a la exportación a los países europeos, razón principal para que esta harina sea una de las más caras del mercado nacional situándose su precio en \$1,82/Kg. en el año 2008. Según datos del sector molinero nacional.

Harina de Maíz

El maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia, como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal, muy en particular, a la avicultura comercial, que es una de las actividades más dinámicas del sector agropecuario.

En efecto, la producción de maíz duro está destinada en su mayoría (70%) a la industria de alimentos de uso animal; el segundo destino lo representan las exportaciones (22%) y la diferencia la comparten el consumo humano y la producción de semillas. Fuente: SICA.

La harina de maíz se utiliza en la industria alimentaria para la confección de azúcar en forma de edulcorante. Como ingrediente, esta presente en la composición de algunos panes integrales y en repostería, se añade a los pasteles porque aumenta su textura.

Cuando se muele finamente y se separa su germen, se obtiene una harina llamada maicena que se usa como espesante para guisos y pastas, (3). Su precio en el 2008 era de \$0,4 /Kg. Según datos del sector molinero nacional.

2.4. Definición y detalle del proceso de fabricación de galletas.

La fabricación de galletas a nivel nacional tiene un proceso de elaboración sencillo, en el que intervienen tres etapas principales:

Mezcla, Laminación y Horneo.

Mezcla

Cada masa tiene su propia mezcla y también un tiempo de amasado diferente. Depende fundamentalmente del tipo de galleta que se vaya a producir, en el caso de las galletas semidulces de masa dura, es necesario que sean muy bien amasadas, siguiendo todas las instrucciones de fabricación, hasta lograr una masa esponjosa para impedir que la galleta se pegue en los rodillos.(2)

El orden de adición de los ingredientes también es importante puesto que ayudan a una mejor interacción de los mismos.

Laminación

En esta etapa es en donde se da forma y corte a la galleta. Se utilizan moldes que pueden ser de troquel o rodillos.

Es necesario que se controle principalmente la velocidad del molde y el peso de la galleta cruda, a fin de que garantice las condiciones necesarias para obtener un buen horneado de la galleta. (2)

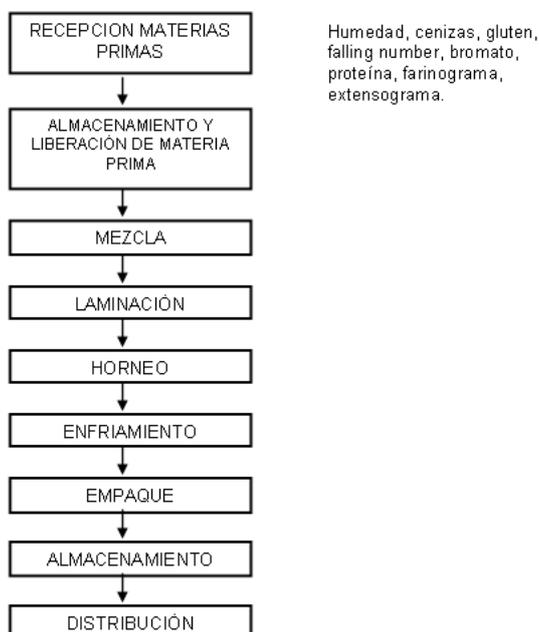
Horneo

La etapa de horneo se realiza en un horno continuo a temperaturas previamente establecidas para cada tipo de galleta y cuyo tiempo de cocción depende principalmente del tamaño del batch, el tipo de ingredientes, las propiedades de la masa y las condiciones de operación.

Proceso de elaboración de galletas.

Figura 2.2

Diagrama de flujo del proceso de Elaboración de Galletas



Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

2.5. Clasificación de los tipos de masas para Galletería.

En la industria galletera a nivel nacional existen tres tipos de masa con los que se trabajan y estas son:

- Galletas de Masa corta
- Galletas de Masa dura
- Galletas de Masa Liquida.

Masa Corta

Se le llama masa corta porque no necesita desarrollar el gluten. El desarrollo del gluten traería problemas como la formación de galletas ovaladas debido a la propiedad de la elasticidad.

En este tipo de masa se puede usar harina de baja calidad y cantidad de gluten, no se requiere agregar gran cantidad de grasa y es mejor usar menor cantidad de agua (2).

Masa Dura

En este tipo de masa se utiliza todo el potencial de una harina, para obtener un buen desarrollo del gluten, puesto que es una masa que necesita ser elástica, y extensible. (2)

Se requiere gran cantidad de agua y poca grasa. Además del uso de enzimas que ayuden al buen desarrollo del gluten porque no es suficientemente elástico y de un tiempo de reposo adicional.

Masa Líquida

Se le llama masa líquida porque utiliza la misma cantidad de harina que de agua. Se la utiliza en la fabricación de obleas para waffers.

Se obtienen con un batido simple que contiene poco o nada de azúcar y se cocina entre un par de placas metálicas calientes. Las láminas que se obtienen son muy delgadas, pero pueden contener dibujos intrincados en su superficie (2).

La calidad de las obleas se juzga por su peso, color de la superficie y uniformidad del contenido de humedad. No necesita desarrollar el gluten, pues traería problemas como la deformación de las obleas.

2.6. Consideraciones generales para el tipo de galletas semidulces de masa dura.

Las galletas semidulces de masa dura están compuestas de una mezcla sencilla de grasa, harina y azúcar.

Se caracterizan por contener la estructura del gluten bien desarrollado, pero con un agregado superior de azúcar y grasa comparando con las galletas de agua, el gluten se hace menos elástico y más extensible (2).

La característica primordial es la de una galleta con la superficie lisa, que tiene ligero brillo o lustre y textura abierta, uniforme que la hace delicada al paladar (2). La representación actual de este grupo se encuentra en las denominadas “maría”.

Comúnmente se les agrega saborizantes sintéticos que imparten un suave sabor a vainilla. Todas tienen algo de jarabe y/ o extracto de malta. Rara vez se consumen con manteca o queso, pero su sabor suave, ligeramente dulce, se complementa con bebidas como el té o el café.

A veces, se someten a procesos secundarios, como la formación de sándwiches con crema, o la aplicación de coberturas de chocolate, pero para estos tratamientos se prefieren los tipos más enriquecidos en grasa y azúcar.

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Elección de los porcentajes de sustitución parcial de harina de trigo y estudio de la tolerancia en la línea de fabricación.

Los porcentajes de sustitución parcial de harina de trigo están estrechamente ligados a la tolerancia de la línea de fabricación, puesto que cada uno de ellos es específico para un tipo de masa y galleta.

Al iniciar el estudio de la tolerancia a los cambios de la línea de fabricación se realiza una revisión de los parámetros de producción y las condiciones de operación de los equipos para poder plantear las opciones de sustitución en porcentajes.

En pruebas preliminares realizadas a través de las etapas de fabricación, se obtuvo un porcentaje de sustitución máximo que tolera la

masa que es del 12%, para que se genere un buen desarrollo del gluten como es característico de una galleta semidulce de masa dura y que no presente problemas al pasar la masa por los equipos.

Entonces se partirá con el porcentaje mencionado antes (12%), que será el de mayor sustitución, y que irá disminuyendo gradualmente a porcentajes como 8% y 5%, hasta seleccionar él porcentaje o los porcentajes entre estos tres, que mejor se ajusten a los requerimientos del estándar del producto.

3.2. Determinación del perfil Bromatológico de las harinas parcialmente sustituidas.

En un producto seco como la harina es muy importante definir las características que contiene a través de análisis que permiten conocer su perfil bromatológico, y dentro del mismo para la harina de trigo hay tres características que son las principales y detallo a continuación:

- Porcentaje de Cenizas
- Porcentaje de Humedad
- Porcentaje de Gluten húmedo

Porcentaje de cenizas.

El porcentaje de cenizas en una harina, representa la cantidad de material mineral que tiene como sales de potasio, calcio, magnesio, fósforo, etc. Puede ayudar a medir la tasa de extracción de harina del grano de trigo porque esta directamente relacionado con la cantidad de partículas de salvado que contiene la harina luego de su proceso de molienda por lo que es también un indicativo de su pureza.

En una harina de trigo destinada a la fabricación de galletas, se permite una cantidad máxima de 0.5% de cenizas (Según la tasa de extracción de una harina al 72%) (4). Si el porcentaje de cenizas máximo permitido excediera a este rango, el color de la harina se vuelve oscuro y hay presencia de puntos negros, lo que puede llegar a alterar el perfil de apariencia del producto final.

Cada prueba de porcentaje de cenizas se realiza con una muestra de harina colocada por duplicado en una mufla a una temperatura de 900°C

que destruye la materia orgánica por incineración para obtener la materia mineral presente en la muestra. Según método AOAC (1980) 14.006.

Porcentaje de humedad.

La humedad es el contenido de agua del producto, que se obtiene por diferencia de peso luego de haber sido evaporada por el calor en estufa, una muestra por duplicado a una temperatura de 130°C por un tiempo determinado, produciéndose una deshidratación de las muestras hasta obtener un peso constante. El contenido de humedad influye en la trituración y separación durante el proceso: a mayor humedad el salvado es menos quebradizo y el endospermo más blando, pero la cohesión entre los dos es mayor lo cual hace más difícil su separación.

La humedad nos da la idea de la conservación, almacenamiento y del estado que tenía el cereal. En una harina para galletería debe tener una cantidad entre 13% y 15 % de humedad (4).

Una harina con mayor humedad que la referencia presenta un aumento de acidez por hidrólisis de las grasas y además el inicio de la hidrólisis

de las proteínas del gluten, lo que provoca la pérdida de sus propiedades mecánicas (elasticidad y tenacidad).

Porcentaje de gluten húmedo.

El gluten es un complejo con propiedades elásticas que se forma cuando las proteínas del endospermo del trigo, gliadina y glutelinas, se amasan en presencia de agua. El gluten es de vital importancia para la panificación y galletería debido a que ayuda a la extensibilidad, elasticidad, retención de agua de la masa, así como la impermeabilidad al gas en una masa.(2)

Consiste en la determinación del porcentaje de proteína insoluble (gluten) después del lavado mecánico de una muestra de harina por duplicado para eliminar el almidón. El residuo formado se exprime con los dedos y luego se pesa, indicando así la cantidad de gluten húmedo presente. Esta prueba se basa en la norma INEN de Harina de Trigo. Determinación de gluten NTE 0529:81

El porcentaje de gluten húmedo esperado en una harina para galletería tiene un rango entre 21% a 24%, aunque si se superan estos valores si es posible usar la harina pero teniendo en cuenta todas sus otras características reológicas que veremos en el punto 3.3 de esta tesis.

Si una harina tiene mayor porcentaje de gluten húmedo del rango antes mencionado, se considera más fuerte mientras que es más débil si presenta un menor porcentaje, lo que nos aportará al manejo de la misma en la línea de fabricación específicamente en las etapas de mezclado y laminación.

3.3. Determinación del perfil Reológico de las harinas parcialmente sustituidas.

Las proteínas del gluten de trigo tienen la propiedad de formar masas viscoelásticas después de una hidratación, y es aquí donde interviene la reología para poder estudiar dichas propiedades.

El comportamiento reológico de una masa se puede conocer seleccionando las técnicas de medición apropiadas estas pueden ser de

tipo teórico o experimental. En esta tesis solo se abarcaran las técnicas de tipo experimental, como el farinógrafo y el extensógrafo (6). Estas pruebas reológicas juegan un papel importante en mantener consistente la calidad de la harina.

3.3.1. Pruebas de Farinograma.

El Farinógrafo de Brabender es un método de ensayo, que permite la determinación de las características de viscosidad de la harina, basado en principios físicos sobre una masa. (Ver anexo A)

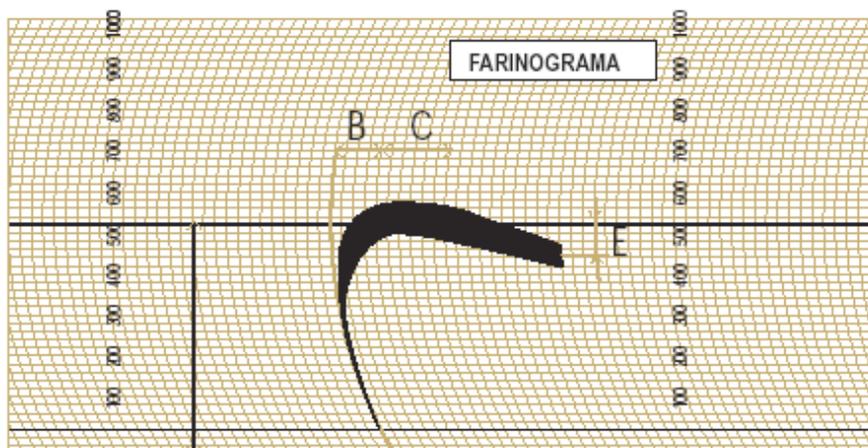
Con este método se registra la resistencia que la masa opone a un esfuerzo mecánico uniforme, traduciéndolo bajo la forma de un diagrama, el cual expresa la resistencia en función del tiempo.

Los índices que se determinan con este análisis farinográfico son:

- Porcentaje de absorción de agua
- Tiempo de desarrollo o amasado
- Estabilidad
- Tiempo de ablandamiento o debilitamiento de masa.

El análisis farinográfico se efectúa para una consistencia de masa fija, y precisamente de 500 U.B. para la mayor parte de harinas.

Figura 3.1: Farinograma de una masa de harina de trigo.



Fuente: Panificados y Productos de Confitería (5), 2005.

Explicación del gráfico:

En la figura 2, observamos el gráfico de farinograma, en el que se detallan sus ejes a continuación:

Eje X: representa el tiempo medido en minutos.

Eje Y (izq. y der.): representan las unidades de farinograma (U.F.) unidades farinográficas o unidades Brabender (U.B.).

El equipo durante la prueba, traza sobre un rollo de papel un diagrama llamado Farinograma, que puede variar de forma o de longitud. (5)

El papel milimetrado presenta en abscisas el tiempo expresado en minutos, y en ordenadas en una escala de 0 a 1.000 que expresa la consistencia de la masa en unidades Brabender o unidad farinográfica. (7)

A continuación se detallan los índices del análisis farinográfico:

Porcentaje de Absorción de Agua.

Es la cantidad de agua que requiere una harina para formar una masa que alcance una consistencia de 500 U.B. La cantidad de agua necesaria para alcanzar esta consistencia se determina cada vez mediante pruebas preliminares en el equipo.

En la figura 2 del farinograma, es representado por el porcentaje de agua requerido para que la curva llegue a la línea de las 500 U. B. (unidades Brabender) y obtenga su máximo desarrollo. (5)

Definiendo así que una harina es más fuerte, mientras absorbe mas agua. Un ejemplo de esto es la harina para pan que absorbe mas agua que una harina para galletas y por consiguiente tiene un mayor rendimiento. (7)

Tiempo de Desarrollo o Amasado.

El tiempo de desarrollo es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia, es decir inmediatamente antes de que la curva comience a descender. Y es aquí donde se acondiciona el gluten de la masa.

Este tiempo se mide desde donde se agrega agua hasta el punto de máximo desarrollo en el farinograma. Es decir desde la iniciación de la curva hasta el punto de máxima altura en el gráfico. (Letra B en la figura 2 del farinograma).

Dicho tiempo varía con las distintas harinas, con las harinas fuertes puede ser relativamente largo. Es posible que un tiempo de desarrollo de masa prolongado, este relacionado con una buena calidad de gluten. Una harina fuerte tiene un tiempo de desarrollo mayor (sus curvas son altas) mientras que las harinas débiles tienen un tiempo de desarrollo menor (sus curvas son bajas). (7)

Estabilidad.

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia y se mide por el tiempo entre la intersección de la línea de 500 U.B. con la curva en ascenso mientras permanece sobre la línea o en descenso cuando la curva sale de dicha línea (Letra C en la Figura 2 del farinograma). Da idea de como la masa soporta el amasado, por ejemplo, en el caso de una masa con alta estabilidad, se le puede aplicar un gran esfuerzo mecánico.

La estabilidad es un factor importante en las masas fermentadas, debido a que indica la resistencia de la harina durante un proceso de fermentación. A mayor estabilidad, la masa podrá resistir mas tiempo al abuso del mezclado y tendrá un tiempo mas largo de fermentación además también gran capacidad de retención de gas, ya que la estructura reticular del gluten es bastante fuerte, lo que trae un mayor esponjamiento de la masa.(2)

Tiempo de Ablandamiento o Debilitamiento de Masa.

La caída o debilitamiento de la masa o tiempo de ablandamiento representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos (Letra E en la figura 2 del farinograma).

En el farinógrafo de Brabender es medido como la diferencia en U. B. entre el punto de máxima consistencia y la parte superior de la curva a los cinco minutos de haber alcanzado esa consistencia. Se expresa en unidades farinográficas (U.F.) ablandamientos

elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado. (2)

3.3.2. Pruebas de Extensograma.

Este análisis se realiza usando un equipo extensógrafo, diseñado para conocer las características de extensión natural de una masa. El extensógrafo mide la estabilidad de una masa y la resistencia que la misma opone durante el periodo de reposo. Se utiliza exclusivamente para el trigo blando usado en galletería. (7)

En el extensógrafo se registran las siguientes características:

- Extensibilidad o plasticidad de la masa.
- Resistencia a la extensión
- Energía o potencial panificador de la masa

En un extensograma primero se realiza el análisis farinográfico para calcular la absorción de agua; luego cuando la masa se acerca del mezclador sin excesivas manipulaciones, se divide en dos partes de 150gr. cada una. En una de ellas, se modela en

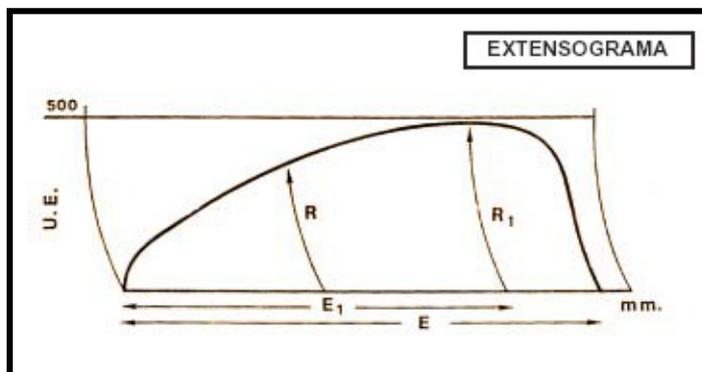
forma de cilindro y se pone en la cámara del extensógrafo y se cierra con las mordazas. (7)

Después de un periodo de reposo de 45 minutos, durante el cual tiene lugar la fermentación, la masa es elongada mediante un gancho que se mueve a velocidad constante bajo la acción de un motor. (Ver Anexo B).

Y para una prueba rápida se establece un ciclo de 15/45 minutos para la harina por lo que se presentan dos intervalos más de reposo cada 45 minutos, es decir a los 90 y 135 minutos, por lo que se grafica una curva a los 45, 90 y 135 minutos. (7)

La resistencia de la masa a esta tensión, transmitida por un sistema de levas a un balancín, se registra en un papel milimetrado que lleva indicada en abscisas la longitud en mm. y en ordenadas las unidades extensográficas (escala de 0 a 1.000).

Figura 3.2: Extensograma de Harina de Trigo.



Fuente: Panificados y Productos de Confeitería (5), 2005.

Explicación del gráfico

En la figura 3, observamos el gráfico de extensograma, en el que detallamos sus ejes a continuación:

Eje X: representa la extensibilidad medida en milímetros.

Eje Y (izq. y der.): representan las unidades de farinograma (UF) o unidades Brabender (UB).

Los índices de mayor utilidad medidos en el extensograma son:

La resistencia R, es decir, la altura del extensograma.

La resistencia R1, que es la altura máxima de la curva.

La extensibilidad E, que indica la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma.

La extensibilidad E1, que indica la longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1.

La relación R/E que se obtiene dividiendo la resistencia por la extensibilidad, si esta relación es grande la masa será poco extensible. El área del extensograma, medida mediante un planímetro, indica la fuerza de la masa.

Extensibilidad

Este parámetro es un indicador de la elasticidad que presenta el gluten de la harina en una masa, es decir la capacidad de alargamiento que tiene la misma. En el extensograma se puede leer en milímetros (mm.), desde el punto donde comienza dicha curva, hasta el punto donde termina. (6)

A mayor extensibilidad, se produce una masa más elástica con un buen desarrollo de gluten; mientras que a menor extensibilidad se

produce menor elasticidad en la masa y se puede trabajar en galletas donde no se desarrolla el gluten como las de masa corta.

Los mejores trigos tienen una extensibilidad igual a 1, es decir, la resistencia y la extensibilidad tiene el mismo valor.

Resistencia a la extensibilidad

Este indicador determina la resistencia que presenta una masa a ser extendida. Se mide en unidades extensográficas a 5 cm. Después del inicio de la curva a la altura que tiene en ese momento, con respecto a la línea cero del extensograma; es aquí cuando alcanza la altura máxima de la curva. Ver figura 3 del Extensograma.

Cuando hay mayor resistencia a la extensibilidad indica que hay masas que pueden soportar periodos más largos de fermentación. Mientras que a menor resistencia a la extensibilidad se producen masas resistentes a periodos cortos de reposo.

Fuerza de la masa.

La fuerza de la masa, es un indicador tomado para definir la medida en que la masa será extensible. Se mide por la superficie existente bajo la curva producida por el extensograma y se registra en cm^2 .

Si el valor de la fuerza resultante es pequeño, así también lo será la tolerancia a la fermentación que la masa tendrá, y lo mismo ocurrirá en el caso de que la fuerza sea grande, la tolerancia a la fermentación también será mayor.

3.4. Pruebas experimentales con la sustitución de harinas en la línea de fabricación.

3.4.1. Monitoreo del comportamiento de las harinas sustituidas en el proceso de fabricación.

En cada etapa de fabricación aplicando la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz se realiza un monitoreo de los parámetros de fabricación y las condiciones de operación con esta nueva materia prima a fin de compararlos con los valores estándares y realizar los ajustes correspondientes.

Se analizó esto en las tres etapas principales de fabricación:

- Mezclado
- Laminado
- Horneo

Mezclado

En esta etapa del proceso previamente se revisan los parámetros de operación y de calidad originales, específicamente los datos del análisis en el farinograma de Brabender, y en particular el valor del porcentaje de absorción de agua puesto que este nos guiará al uso de igual, mayor o menor cantidad de agua según el tipo de mezcla de harina que se use.

Esto combinado con una inspección visual de la pasta por parte del amasador, al momento de realizar el amasado en el equipo, define si es necesario aumentar o no agua en la pasta.

Para esta tesis, se realizaron tres ensayos en la mezcladora automática con la sustitución parcial escogida, que es la C, porque

representa mayor complejidad tecnológica y durante cada ensayo se realizó inspección visual por parte del amasador para reconocer la humedad de la masa.

En esta etapa se controlaron los siguientes parámetros para la masa:

- Humedad de la masa
- pH de la masa

También es muy importante en esta etapa controlar el orden de adición de los ingredientes puesto que esto facilita su interacción y el uso de la cantidad adecuada de leudante para que la galleta alcance los estándares de fabricación al pasar por las siguientes etapas del proceso.

Laminado

En el laminado, se pasa la masa por las lonas laminadoras que van a ir amasando la misma hasta que llegue al molde que le dé su corte e impresión para registrar los datos del nuevo perfil de laminación y poder ajustarlo.

Se realizaron tres ensayos en el equipo laminador de cada lote de amasado en la etapa previa, revisando los controles de operación iniciales y corrigiéndolos de acuerdo al resultado al final de esta etapa, principalmente se controló el peso de la galleta cruda porque de él depende la siguiente etapa de horneado, y el éxito de la impresión del molde de laminación.

A medida que pasaba cada lote y se obtenía la galleta cortada, se verificaba en el horneado su espesor, de manera que si estaba muy fina se avisaba al laminador que le de mas abertura en los rodillos laminadores para corregir este defecto.

Horneo

En esta etapa de fabricación se va controlando el funcionamiento del equipo a fin de que el producto no salga crudo o quemado y se realizan inspecciones visuales del perfil de horneado registrado en el equipo durante la prueba, para poder compararlos posteriormente. Así mismo en esta etapa se realizaron tres ensayos de fabricación, con cada lote que venia de la etapa de laminación antes

mencionada. El horneado, nos permite ver las características físicas y químicas del producto final, puesto que es aquí donde se verifica si las etapas anteriores fueron efectivas en la masa de galletas.

Al salir la galleta del horno se controla un parámetro muy importante que garantiza una cocción adecuada de la galleta y es la humedad final del producto, pero esto se detallará en el punto 4.3 de esta tesis. Además también se verificarán dimensiones, espesor y pesos.

3.4.2. Análisis físicos y químicos del producto durante el proceso de fabricación.

Se realizaron tres ensayos con el tipo de galleta semidulce de masa dura y en cada ensayo se tomaron muestras para realizar tres mediciones de pruebas físicas y químicas como:

Peso de galleta cocida

El peso de la galleta es un indicador importante del desarrollo de la misma, puesto que es el resultado del control del peso de galleta cruda en la etapa de laminación.

Este parámetro es necesario para la etapa de empaque, debido a que allí es donde se generan pérdidas de producto, si la galleta cocida está fuera del estándar habrá sobrepeso en el mismo, lo que dificulta cumplir con la producción estimada y con la norma de calidad.

Al realizar este análisis, se toma una muestra de 10 galletas que serán pesadas en columna en una balanza experimental que considera una desviación estándar de ± 1 g. Se toman tres mediciones de cada lote de ensayo que se muestrea.

Dimensiones

La medición de las dimensiones se realiza con un instrumento llamado Calibrador Vierner, que se usa para medir el largo, ancho y espesor de la galleta. A fin de que la galleta no quede descuadrada y fuera del estándar de calidad, lo que evitaría complicaciones en la etapa de empaque. Al realizar esta medición cada galleta es medida en su ancho y largo con el calibrador vernier, mientras que para el espesor se mide con una muestra de 10 galletas en grupo

El espesor va de la mano con el peso puesto que en el empaçado es muy importante la relación volumen - peso, porque si la galleta esta muy desarrollada, esta llenará el paquete pero no cumplirá con el peso del mismo por lo que se debe tomar muy en cuenta esta prueba (según estándares de fábrica). Así mismo se muestrea por duplicado en cada lote de ensayo y al salir del horno.

Resistencia de la galleta

La resistencia muestra la tendencia a la rotura que puede presentar la galleta sustituida parcialmente con respecto a la galleta original al momento de su empaque y distribución.

Esta prueba se realiza con un equipo llamado dinamómetro, en el que se colocan muestras de 3 galletas sobre sus mordazas y a través de la trituración de las mismas, nos da un valor que es negativo por la fuerza de compresión que se aplica y se mide en Dinás. Se muestrea por duplicado en cada lote de ensayo. Ver apéndice C.

Humedad

El método de determinación de humedad se realiza con una termobalanza Halógena Mettler. En la cual se deposita una muestra pulverizada de 5 gramos de galleta recién horneada y ya enfriada sin pasar mucho tiempo al ambiente.

Se la distribuye uniformemente por todo el platillo y se cierra la tapa de la termobalanza hasta que el indicador de la misma muestre que ya ha terminado el proceso de desecación que dura 5 minutos aproximadamente. Esta prueba se realiza en base a la Norma INEN para galletas NTE- 2085:05

Luego de estos análisis se procede a comparar con el estándar de fabricación a fin de seleccionar el prototipo que mejor se asemeje.

3.4.3. Método de Evaluación sensorial y Prueba de Transporte para el prototipo seleccionado.

Luego de escoger el prototipo ganador por sus semejanzas físicas y químicas al producto original, se procede a la evaluación sensorial y de transporte del mismo, a fin de compararlo con las

características sensoriales del producto original, pudiendo así definir si se cumple el objetivo de tener diferencias inapreciables a pesar de la sustitución parcial del ingrediente principal.

Prueba triangular

El método de evaluación sensorial escogido es una prueba triangular, y su objetivo es asegurar que los distintos lotes de un producto mantengan las características o detectar si el cambio de un ingrediente - como en nuestro caso – provoca una diferencia apreciable.

Esta prueba consiste en presentar al catador tres muestras codificadas convenientemente, de las cuales dos son iguales y solo la tercera es diferente. En esta prueba deben considerarse dos variaciones posibles: la de elección forzada, que obliga al catador a designar una muestra como diferente aunque no este completamente seguro de su decisión y la otra, llamada de libre elección que permite decidir que no hay diferencias entre las muestras.

Pero a nivel estadístico para la probabilidad de significancia se incurre en no considerar estas respuestas y más bien suponer que solo han realizado la prueba los catadores que han encontrado diferencias, lo cual no es muy recomendable. (9)

Por lo que, para nuestra prueba se distribuyeron las repuestas de “no se percibe diferencia” en una proporción de 1/3 (33%) como correctas y los 2/3 (66%) restantes como incorrectas y computarlas de esta forma para la evaluación estadística (9). Lo que se verá en el punto 4.3 de esta tesis.

Disminuyendo de esta forma la probabilidad de obtener un resultado significativo (9). La evaluación se lleva a cabo con 8 panelistas entrenados que buscarán a través de esta prueba, la muestra que les parezca que no se percibe diferencia con respecto al estándar de un par en combinaciones diferentes y en 6 pruebas o sesiones. Ver apéndice D.

Prueba de transporte

Esta es una prueba importante que va de acuerdo a los lineamientos de calidad de la fábrica, pues asegura la presentación del producto y su rendimiento comercial.

La prueba de transporte consiste en tomar una muestra del prototipo escogido y otra del producto original para enviarlos a través de una ruta de distribución exponiéndolos a las condiciones normales de manipulación y transporte, para verificar al regreso de las muestras el porcentaje de rotura de cada paquete cuyo nivel de tolerancia máximo es del 10% por caja de producto.

La medición del porcentaje de rotura se hace con un conteo visual que luego nos servirá para calcular el mismo de un total de muestras seleccionadas. Ver apéndice E.

3.5. Método de determinación del tiempo de vida útil del mejor prototipo.

Los principios de evaluación de la vida útil y su tratamiento cuantitativo son necesarios para mejorar y desarrollar el almacenamiento y distribución de los alimentos, es decir, para la optimización de la cadena alimentaria.

La determinación de la vida útil es un aspecto que preocupa a productores y distribuidores. Su sobreestimación podría llevar a la pérdida de ventas de un producto por falta de confianza de los consumidores, mientras que su subestimación sería económicamente peligrosa para la empresa, además de las pérdidas generadas por falta de rotación en el puesto de venta, que se origina por desconocimiento de los empleados mismos.

Y siendo el caso de esta sustitución parcial el ingrediente principal que es la harina de trigo en un producto con trayectoria de calidad, es necesario volver a evaluar su tiempo de vida útil. Para conocer este parámetro han sido desarrollados varios métodos para estimar la vida de anaquel rápidamente.

Uno de estos métodos es la determinación de vida útil acelerada. Que en la práctica, se han hecho en procesos de deterioro que son de naturaleza química. La idea básica es limitar la velocidad de reacción química que es mayor a una temperatura elevada de almacenamiento.

El fin de la vida útil es mucho más rápido de lo alcanzado y los datos obtenidos pueden ser extrapolados para proporcionar una estimación de la vida útil en condiciones normales o de las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente, por lo general mediante el uso de la relación de Arrhenius, todo esto se realiza utilizando un equipo o cámara de conservación acelerada.

En el caso de esta tesis se realizó una prueba de conservación acelerada pero con una docena de muestras del prototipo seleccionado a fin de tener suficientes muestras para una posterior evaluación sensorial del producto.

La cámara de conservación acelerada usada para este análisis fue del tipo Oxipres, que es un método de examen de la estabilidad oxidativa de

los productos heterogéneos tales como las patatas fritas, margarina, mayonesa o productos que contengan grasa en sus componentes (10).

La oxidación es acelerada por el calor y por el uso de oxígeno bajo presión. La caída de presión se controla en un recipiente a presión de vidrio, que contiene la muestra (hasta el 100 ml), y esta llena de oxígeno a presiones de hasta 10 bares.

El instrumento consta de una unidad de control, un bloque de calentador, que puede calentar las dos muestras a temperaturas de hasta 150°C, y una bomba en la que se introduce la muestra en una botella de vidrio (11). La presión en la bomba se mide electrónicamente y es grabada en una grabadora multicanal o transferida a un PC.

El método usado para conservación acelerada fue basado en el de AOAC Cd-12-57 que actualmente es AOCS Método oficial Cd 12b-92 Reaprobado en 2009. Oil Stability Index (OSI) (11). Ver apéndice F.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1. Resultados del perfil Bromatológico de las harinas parcialmente sustituidas.

Para los análisis respectivos nombramos a los posibles porcentajes de sustitución parcial de las harinas como:

Estándar de harina: Harina de Trigo 100%.

Sustitución A: Harina de Trigo 95% y Harina de Maíz 5%.

Sustitución B: Harina de Trigo 92% y Harina de Maíz 8%.

Sustitución C: Harina de Trigo 88% y Harina de Maíz 12%.

Porcentaje de cenizas.

Como se mencionó en el capítulo tres el porcentaje de cenizas demuestra el grado de pureza de una harina y en el caso de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz, se debe considerar pedir al proveedor de la harina de maíz, harina con el mismo porcentaje de pureza establecido para la harina de trigo, que es de 0,5% máximo.

El resultado que se obtuvo luego del análisis de cenizas para las harinas parcialmente sustituidas da resultados entre 0,42% a 0,5%; valores que están dentro del rango máximo esperado. Ver tabla 4.2 de resultados de análisis bromatológicos de las harinas.

Porcentaje de humedad.

El porcentaje de humedad según el estándar de fabricación para la harina de trigo es de 13% a 15% y es frente a este valor que se van a comparar los análisis de humedad de las sustituciones A, B y C.

En los resultados de la tabla 4.2 de resultados de análisis Bromatológicos de las harinas, se observa que los valores de la humedad están dentro del rango esperado para las tres sustituciones. Es decir que las tres sustituciones cumplen hasta aquí con los parámetros de calidad esperados.

Porcentaje de Gluten húmedo

Como se mencionaba en el capítulo tres el gluten es de vital importancia en galletería debido a que es una proteína que ayuda a la extensibilidad, elasticidad, retención de agua de la masa, así como la impermeabilidad al gas de la misma, lo que le permitirá el buen desarrollo del espesor de la galleta.

El porcentaje de gluten húmedo que se obtuvo luego de los análisis fue un promedio de 25% entre las tres sustituciones de harina el porcentaje esperado va en un rango de entre 21% mínimo a 24% máximo con harina de trigo y viendo el resultado mencionado anteriormente de 25% de gluten húmedo, confirmo que es mayor en relación a lo esperado por lo que puede dar problemas en el proceso de fabricación.

Tabla 4.2

Resultados de Análisis Bromatológicos de Harinas

Análisis Bromatológicos	Harina de Trigo 100%		Sustitución A	Sustitución B	Sustitución C
	Min.	Máx.			
Humedad (%)	13,00%	15,00%	12,40%	12,60%	12,90%
Glúten Húmedo (%)	21,0%	24,0%	24,80%	24,70%	24,90%
Cenizas (%)	0,30%	0,50%	0,42%	0,43%	0,46%

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

4.2. Resultados del perfil Reológico de las harinas parcialmente sustituidas.

4.2.1. Análisis de Farinograma

Dentro de los resultados que se obtienen del Farinograma de Brabender están:

Porcentaje de Absorción de Agua.

El porcentaje de absorción de agua con harina de trigo esta en un rango de 52% mínimo y 54% máximo según especificaciones de harina de trigo, y el resultado de esta prueba para las sustituciones A, B y C dan resultados de 52% aproximadamente, por lo que estas mezclas de harinas tendrán el mismo rendimiento de producción que la harina de trigo 100% y no presentará variación en la adición de agua de las recetas.

Tiempo de Desarrollo o Amasado.

El resultado del tiempo de desarrollo y amasado de las harinas sustituidas A, B y C es de 1,3 minutos, mientras que para la harina de trigo va en un rango de 1,8 min. mínimo y 2,2 min. máximo, lo que indica que en las tres sustituciones se alcanzará el punto de máximo de desarrollo en el farinograma antes de lo esperado, lo que refleja curvas bajas que corresponden a una harina débil, la cual no goza de un buen desarrollo del gluten al momento de aumentar su volumen.

Estabilidad.

Los resultados de la estabilidad de las harinas sustituidas que se muestran en la tabla 4.3, son bajos en las tres sustituciones, en comparación al rango esperado va de 2,2 min. mínimo y de 3,2 min. máximo.

Por lo que este tipo de sustitución no es recomendable para masas fermentadas puesto que no favorecerá la retención de gas carbónico para el esponjamiento de la masa y tampoco se las debe exponer a mucho tiempo de mezclado, pero como no vamos a

trabajar esta masa para una galleta fermentada sino para una galleta de masa dura, no genera problema al momento de su amasado.

Tiempo de Ablandamiento o Debilitamiento de Masa.

Los resultados obtenidos del debilitamiento de la masa como se observa en la tabla 4.3 son bajos en las tres sustituciones, en comparación al rango esperado va de 3,5 min. mínimo y de 4,5 min. máximo, por lo que hay que tener en cuenta que una vez cumplido el tiempo de mezclado se debe pasar directamente al paso de laminación, para así evitar que la masa se dañe y pierda su esponjosidad.

Tabla 4.3

Resultados de Análisis de Farinograma de Harinas

Análisis Farinograma	Harina de Trigo 100%		Sustitución	Sustitución	Sustitución
	Mín.	Máx.	A	B	C
Porcentaje de Absorción (%)	52%	54%	52,1	52	52
Estabilidad (min.)	2,2 min.	3,2 min.	1,6	1,4	1,4
Tiempo de Desarrollo (min.)	1,8 min.	2,2 min.	1,3	1,3	1,3
Tiempo de Debilitamiento de Masa (min.)	3,5 min.	4,5 min.	2	2	1,9

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

4.2.2. Análisis de Extensograma

Dentro de los resultados que se obtienen del Extensograma están:

Extensibilidad

En los resultados de la tabla 4.4 se presentan bajas extensibilidades en cada una de las sustituciones y con respecto a cada intervalo de reposo (45 min., 90 min., 135 min.), siendo la mas baja la sustitución C, debido a que es la que tiene menor porcentaje de harina de trigo, lo que se traduce en una masa con menor elasticidad y poco desarrollo de gluten, por lo que se complica su desarrollo en galletas de masa dura, sin embargo con el uso de aditivos como los leudantes, es posible que esta masa den buenos resultados al momento de su amasado y laminación.

Hay que tomar en cuenta que en este parámetro del extensógrafo, las tres sustituciones demuestran valores que hacen más compleja su aplicación técnica en la línea de fabricación y es probable que la sustitución C sea la más compleja de utilizar.

Resistencia a la extensibilidad

En los resultados de la tabla 4.4 para las tres sustituciones, se demuestra una resistencia a la extensibilidad dentro de los índices máximos y mínimos permitidos a cada intervalo de tiempo (45 min., 90 min. y 135 min.), ver tabla 4.4.

Como se explico en el capitulo 3 de esta tesis, la resistencia a la extensibilidad, sirve para verificar la extensibilidad de la masa en la línea de fabricación.

Y los resultados de la tabla 4.4, muestran que las masas no soportan periodos largos de fermentación. Por lo que se pueden usar en galletas que no necesitan mayor tiempo de reposo o en galletas sin mucho moldeo como las galletas de masa dura como las galletas tipo maría.

Energía

Como se menciona en el capitulo tres de esta tesis la energía nos sirve para definir la tolerancia a la fermentación, y en el caso de las

sustituciones A y B, dentro de la tabla 4.4, se demuestra que están dentro de los rangos esperados y se podrían usar para dicho proceso pero la sustitución C, no es factible puesto que tiene valores muy por debajo de lo esperado, lo que eleva su complejidad técnica al trabajar, debido a que no se fermenta.

De acuerdo a los resultados presentados del perfil bromatológico y reológico de las tres sustituciones de harinas, se verifica que las sustituciones A y B son las mas recomendadas para proceder con los ensayos de producción; pero la que representa mayor dificultad tecnológica es la sustitución C, pues los resultados de sus análisis están fuera de los rangos establecidos en cada parámetro como ya se observo en los puntos 4.1 y 4.2, y por lo tanto es la escogida para realizar los ensayos en la línea de fabricación.

Tabla 4.4
Resultados de Análisis de Extensograma de Harinas

Análisis Extensograma	Harina de Trigo 100%		Sustitución A	Sustitución B	Sustitución C
	Min.	Máx.			
Extensibilidad a 45 minutos (mm.)	149	169	142	142	125
Extensibilidad a 90 minutos (mm.)	142	156	133	133	119
Extensibilidad a 135 minutos (mm.)	128	153	134	134	118
Resist. a Extensibilidad a 45 min. (BU)	132	183	189	189	178
Resist. a Extensibilidad a 90 min. (BU)	176	293	247	247	222
Resist. a Extensibilidad a 135 min. (BU)	201	328	257	257	225
Energía a 45 minutos (cm ²)	40	55	45	45	34
Energía a 90 minutos (cm ²)	44	73	53	53	40
Energía a 135 minutos (cm ²)	51	77	55	55	39

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

4.3. Resultados de las pruebas experimentales con la sustitución de harinas en la línea de fabricación.

Los resultados de las pruebas experimentales con la sustitución parcial de harinas se dividen en tres partes, que son:

- Monitoreo del comportamiento de las harinas sustituidas en el proceso de fabricación.
- Análisis físicos y químicos del producto durante el proceso de fabricación.
- Método de Evaluación sensorial y Prueba de Transporte para el prototipo seleccionado.

Monitoreo del comportamiento de las harinas sustituidas en el proceso de fabricación.

Mezclado

En esta etapa del proceso, al revisar los resultados de farinograma de Brabender, y en particular el valor del porcentaje de absorción de agua, notamos que para la sustitución C se muestra un valor dentro del rango (ver tabla 4.5).

Lo que indica que no hay mayor necesidad de aumento de agua en la receta, pero en este caso se uso una desviación estándar de ± 4

litros de agua, por la resequedad que presentaba la masa característica que se le atribuye a la harina de maíz puesto que es mas seca y necesita mayor cantidad de agua.

Al final de esta etapa se toman en consideración los siguientes análisis para la masa durante su amasado, los cuales son tomados por duplicado en cada batch de prueba en el ensayo de fabricación:

- pH final
- Temperatura
- Humedad

Tabla 4.5

Resultados de Análisis de Calidad para la masa en el Mezclado.

Análisis	Rango Mínimo	Rango Máximo	Promedio de Galleta.
pH Final	7	9	8
Temperatura	34°C	40°C	37°C
Humedad	20%	24%	22%

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Laminado

Al pasar la masa con sustitución C por las lonas laminadoras de esta etapa, se observó que en el perfil de laminación estas no registraban desviaciones grandes con respecto al perfil de laminación

establecido por lo que no existe mayor complejidad en esta etapa, solo se debe ajustar la abertura de los rodillos de laminación, a una desviación estándar de - 2 RPM. Se tomó en consideración el perfil de laminación de cada batch de producción para realizar los ajustes correspondientes.

Se controla el peso de galleta cruda, tomando tres mediciones de cada batch de prueba en el ensayo de fabricación y se obtuvo el siguiente promedio de la medición que vemos en la tabla 4.6, el que nos indica que esta dentro del rango esperado.

Tabla 4.6

Resultados de Peso Crudo de la galleta en el Laminado.

Peso crudo (g.)	Peso mínimo de Galleta	Peso máximo de galleta	Peso Promedio
	70	75	72,5

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Horneo

En esta etapa de fabricación sus condiciones de operación no difieren mayormente de las originales al igual que en las de laminación pero si presentan una desviación estándar de ± 2 (°C).

A cada batch se le tomaron muestras por duplicado para realizar humedad de galleta final, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.10 del punto 4.3.2 y también se registró el perfil de horneado de cada batch para luego realizar los ajustes correspondientes para el nuevo perfil de horneado.

Análisis físicos y químicos del producto durante el proceso de fabricación.

Las especificaciones que deben cumplir las galletas semidulces de masa dura posterior al proceso de elaboración son las siguientes:

Peso

Para este resultado, se tomaron muestras por duplicado para realizar la toma de peso en cada batch de producción. El peso de la galleta en la tabla 4.7, en la columna de prueba de galleta sustituida es un promedio de los datos tomados, y nos indica que cumple con el estándar de calidad de peso y que al momento de la etapa de empaque no habrá sobrepeso en el mismo porque el peso de la galleta cocida se encuentra dentro de la desviación estándar esperada.

Tabla 4.7**Resultado del Análisis de Peso de la galleta.**

Peso (g.)	Estándar de Galleta	Prueba de galleta sustituida	Desviación estándar
	57	56,5	± 1

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Dimensiones

En la tabla 4.8 podemos ver que las dimensiones de la galleta sustituida cumplen con los estándares de calidad de galleta en los parámetros de ancho, largo y espesor, y nos indica que no habrá problemas en el momento del empaclado.

Para este resultado, se tomaron tres muestras de 10 galletas para cada una de las dimensiones en cada lote de ensayo, la columna prueba de galleta sustituida es un promedio de los datos tomados.

Tabla 4.8**Resultado del Análisis de Dimensiones de la galleta.**

Dimensiones (mm.)	Estándar de Galleta	Prueba de galleta sustituida	Desviación estándar
Ancho	65	65	± 1
Largo	65	65	± 1
Espesor	54	54	± 1

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Resistencia

Para la prueba de resistencia se tomaron muestras por duplicado en cada batch de producción, en la tabla 4.9 vemos el promedio de los resultados de la resistencia de la galleta sustituida con respecto a la galleta estándar, el cual nos indica que esta dentro del rango establecido, y no habrá diferencia mayor de la original.

Tabla 4.9**Resultado del Análisis de Resistencia de la galleta.**

Resistencia (dinas/cm ²)	Estándar de Galleta	Prueba de galleta sustituida	Desviación estándar
	18 - 22	20	± 1

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Humedad máxima

En la tabla 10 el resultado del análisis de humedad de la galleta, nos muestra un valor que indica que la humedad de la galleta sustituida es similar a la de la galleta no sustituida, y nos garantiza que habrá la misma interacción con el empaque original, sin necesidad de recurrir al uso de otro. Esta prueba se realiza en base a la Norma INEN para galletas NTE- 2085:05.

Tabla 4.10

Resultado del Análisis de Humedad de la galleta.

Humedad (%)	Estándar de Galleta	Prueba de galleta sustituida	Desviación estándar
	2	1,9	± 1

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Método de Evaluación sensorial y Prueba de Transporte para el prototipo seleccionado.

Evaluación sensorial.

De acuerdo a los resultados, la muestra ensayo (88% Harina de trigo & 12% Harina de Maíz) vs. el estándar (100% harina de Trigo) *no son significativamente diferentes*.

El valor de la distribución binomial (valor p) obtenido en esta prueba fue $p=0.2205$. Algunos de los panelistas que acertaron colocaron como comentario que la diferencia radicaba en textura. La galleta del ensayo estaba un poco más dura. En cuanto a sabor se afirmó ningún cambio aparente.

Prueba de Transporte.

En la Prueba de Transporte, el porcentaje máximo de rotura que se tolera es del 10 % del peso de la caja de producto. Los análisis del Porcentaje de rotura fueron los que se muestran a continuación:

Tabla 4.11

Resultado de la Prueba de Rotura de la galleta.

Resultados de Porcentaje de Rotura	
Producto	Promedio de Rotura
Estándar de galleta	4%
Prueba de galleta	4%

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Como podemos ver en el cuadro de resultados, el promedio de rotura tanto del estándar como de la prueba de galleta, dan porcentajes menores en comparación al máximo de rotura tolerado por peso de caja de producto.

4.4. Determinación del tiempo de vida útil del prototipo seleccionado.

Las pruebas de conservación, que se realizaron en una cámara de conservación acelerada como se explicó en el punto 3.5 de esta tesis y, mostraron los siguientes resultados:

Tabla 4.12

Resultado del Tiempo de Vida útil de la galleta

Resultados de Determinación de vida útil	
Producto	Tiempo de vida útil
Estándar de galleta	10 meses
Prueba de galleta	14 meses

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

La diferencia en el tiempo de vida útil de la galleta de prueba con respecto a la galleta estándar se debe a la mezcla de las harinas y a la composición de la harina de maíz en particular, puesto que su almidón es mas puro que el del trigo y como hay ausencia de su aceite por el proceso de molienda que tiene, hace que este material sea muy resistente al deterioro por almacenamiento (2).

CAPÍTULO 5

5. PROYECCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

5.1. Costos de los cereales y sus tendencias de crecimiento.

A pesar de que la mayoría de los cereales producidos en Ecuador, no pueden ser utilizados como sustituto de la harina de trigo, su uso está orientado a productos en los que se resalta su valor nutricional para desarrollos específicos.

Sin embargo es posible utilizarlos en combinación con la materia prima principal para las industrias galleteras y panaderas a fin de generar un ahorro significativo en los costos de fabricación.

Por ello, dentro de este proyecto se consideraron varias opciones de cereales para aplicar en el proceso y analizar su costeo en base a la

tendencia de crecimiento que presenten sus precios. Las harinas de cereales que se tomaron en cuenta para comparar con la harina de trigo son: harina de cebada y harina de maíz.

Los casos del maíz y cebada son escogidos porque sus precios están por debajo del precio actual del Trigo, pero tienen una marcada limitante y es su baja disponibilidad por la falta de áreas de cultivo e industrialización en nuestro país.

Costos de la harina de Trigo

Como se mencionó en el capítulo 2 de esta tesis la producción nacional de trigo solo satisface del 1% al 6% de demanda local por lo que el 95% restante es trigo importado (Proyecto SICA, Banco mundial), lo que nos afecta directamente en el caso de las variaciones de precio a nivel mundial de esta materia prima.

La harina de trigo ha pasado por un marcado aumento de precio influido por diversos factores, viendo así un incremento de casi 80% en el costo de esta harina entre el año 2007 y 2008.

En la tabla 5.13 se puede observar esta variación de precios:

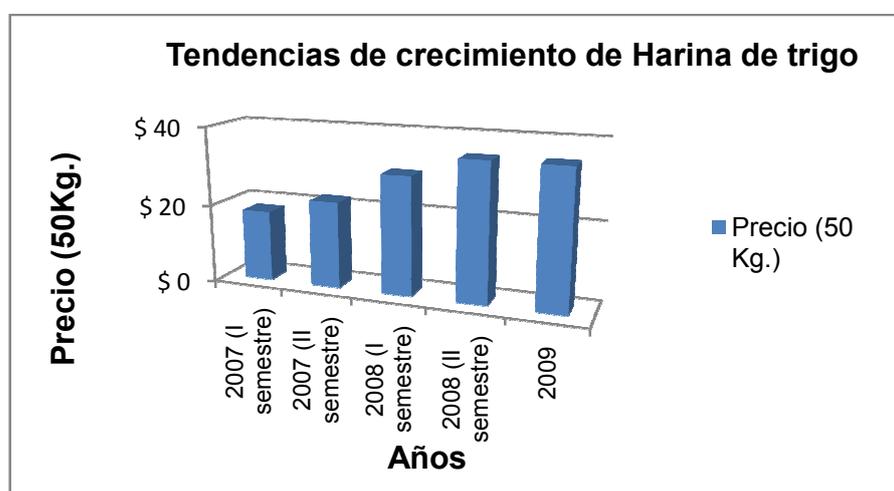
Tabla 5.13
Variación de precios de Harina de trigo.

Año	Precio (50 Kg.)
2009	\$ 35
2008 (II semestre)	\$ 35
2008 (I semestre)	\$ 30
2007 (II semestre)	\$ 22
2007 (I semestre)	\$ 18

Fuente: Centros de distribución de Harinas.

Figura 5.2

Tendencia de crecimiento de harina de trigo



Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Costos de la harina de Maíz

Hasta hace 15 años en las zonas productoras de este cereal, se sembraban 130.000 hectáreas; lo que ha decaído a 90.000 hectáreas en el 2007, lo cual se atribuye a la importación de maíz de países como Estados Unidos (donde se subsidia a la agricultura) es hasta tres veces más barato que en Ecuador, y por eso la actividad ha decrecido.

En el país se consumen cada año 500.000 toneladas de maíz para diferentes usos, se estima que la demanda agroindustrial de maíz amarillo duro se concentra en la producción de balanceados, en su mayor parte para la industria avícola, que en conjunto emplea alrededor de 40.000 TM al mes (480.000 TM al año); mientras que la industria de harinas para consumo humano directo debe utilizar cerca de 1.000 TM del producto al mes, para una demanda global de 12.000 TM/año.

Los precios de la harina de maíz también han aumentado por factores externos como la especulación por su baja producción, se ha incrementado casi al doble de su precio hasta noviembre del 2008, siendo este uno de los más altos de todo los tiempos.

Tabla 5.14

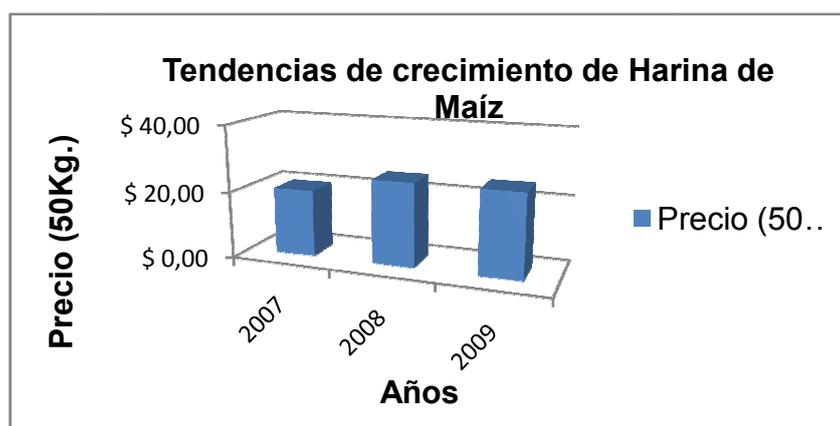
Variación de precios de Harina de Maíz.

Año	Precio (50 Kg.)
2007	\$ 20,00
2008	\$ 25,00
2009	\$ 25,00

Fuente: Centros de distribución de Harinas.

Figura 5.3

Tendencia de crecimiento de harina de Maíz.



Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Costos de la harina de Cebada

En términos generales, la demanda interna del grano se mantiene en 70.000 Ton./año, y si en la actualidad la oferta es un poco más de 24.000 toneladas, quiere decir que hay un déficit de 46.000 ton. para la industria que la requiere, según los registros del Banco Central del Ecuador.

La empresa privada necesita de gran cantidad de cebada para la elaboración de la cerveza, lo que genera un desabastecimiento del producto por lo que este cereal a pesar de tener excelentes características no es recomendable por su escasez local.

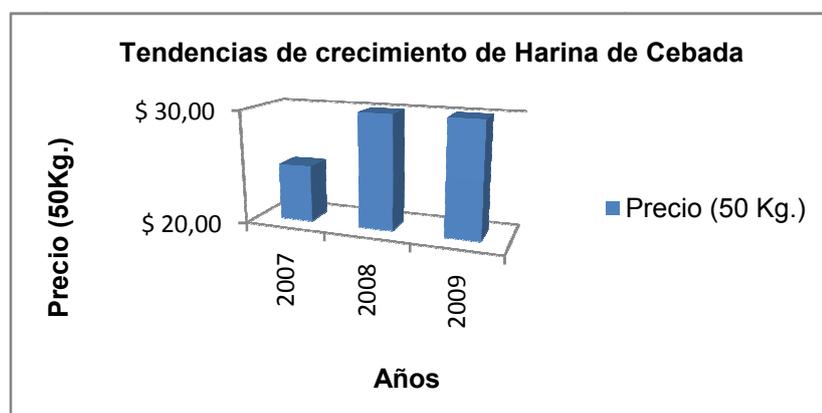
Tabla 5.15

Variación de precios de cebada.

Año	Precio (50 Kg.)
2007	\$ 25,00
2008	\$ 30,00
2009	\$ 30,00

Fuente: Centros de distribución de Harinas.

Figura 5.4
Tendencia de crecimiento de harina de Cebada.



Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Como se puede observar en las tendencias de crecimiento de los cereales, todas las harinas demuestran un crecimiento continuo, pero por precios, la harina de maíz se mantiene por debajo de la harina de cebada, por lo que podría generar un ahorro significativo alto en comparación a la harina de cebada, además se toma en cuenta la disponibilidad de esta última puesto que su producción nacional es destinada casi en su totalidad a la industria cervecera, por lo que no es una opción segura como materia prima en un periodo anual.

Con todas estas razones analizadas, decido continuar con la proyección de costos de producción anual, tomando la harina de maíz como opción principal de cálculo para la factibilidad económica de la sustitución parcial de harina de trigo en la producción de galletas.

5.2. Proyección de costos de producción anual en base a la demanda estimada.

Para realizar la proyección de los costos de producción se toma en referencia la demanda estimada de producción mensual basada en años anteriores, y los precios actuales de las harinas de trigo y maíz por kilogramo para empezar a calcular sus costos por tonelada, así como su ahorro estimado por tonelada, como veremos en las tablas 5.16 y 5.17.

Tabla 5.16

Costos de producción de Harina de Trigo y Harina de Maíz

Materia prima	Costo de producción /Kg.	Costo de producción /Ton.	Costo Total de producción /Ton.	Ahorro estimado/ Ton.
Harina de Trigo 100%	\$ 0,72	\$ 720,00	\$ 720,00	5,33%
Harina de Trigo 88%	\$ 0,72	\$ 633,60	\$ 681,60	
Harina de Maiz 12%	\$ 0,40	\$ 48,00		

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Tabla 5.17

Demanda de producción de Galletas y sus costos.

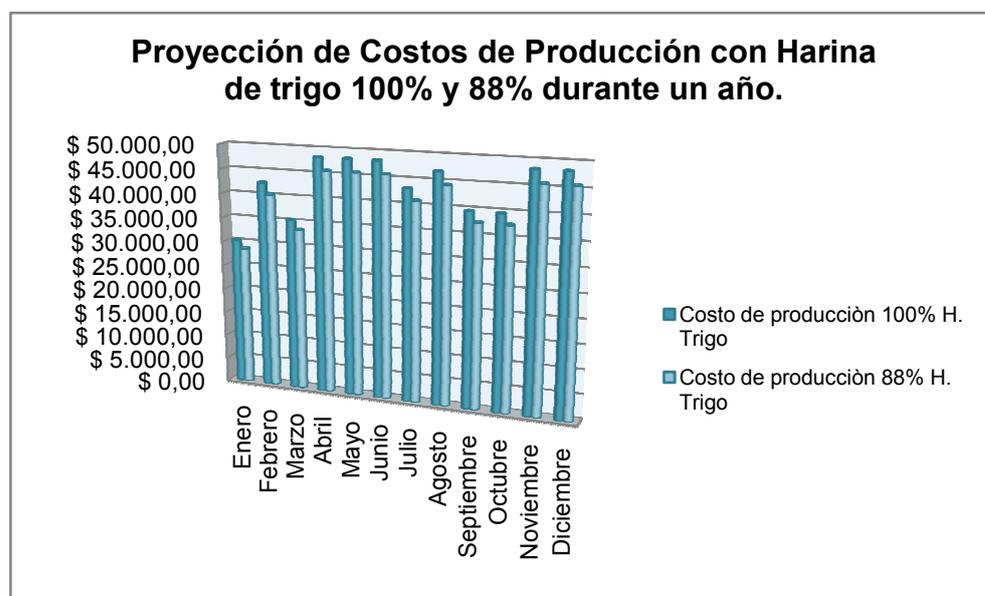
Tiempo	Cantidad Producida (Ton.)	Costo de producción 100% H. Trigo	Costo de producción 88% H. Trigo
Enero	42	\$ 30.240,0	\$ 28.627,2
Febrero	59	\$ 42.480,0	\$ 40.214,4
Marzo	49	\$ 35.280,0	\$ 33.398,4
Abril	67	\$ 48.240,0	\$ 45.667,2
Mayo	67	\$ 48.240,0	\$ 45.667,2
Junio	67	\$ 48.240,0	\$ 45.667,2
Julio	60	\$ 43.200,0	\$ 40.896,0
Agosto	65	\$ 46.800,0	\$ 44.304,0
Septiembre	55	\$ 39.600,0	\$ 37.488,0
Octubre	55	\$ 39.600,0	\$ 37.488,0
Noviembre	67	\$ 48.240,0	\$ 45.667,2
Diciembre	67	\$ 48.240,0	\$ 45.667,2
Total	720	\$ 518.400,0	\$ 490.752,0

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

Se realiza una comparación de los costos de producción con harina de trigo 100% y harina de trigo 88% en base a la demanda estimada, para verificar su variación y obtener las proyecciones de producción, lo cual podemos ver en el gráfico 5.5 de proyección de costos de producción con harina de trigo a diferentes porcentajes.

Figura 5.5

Proyección de Costos de Producción con Harina de trigo a diferentes porcentajes.



Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

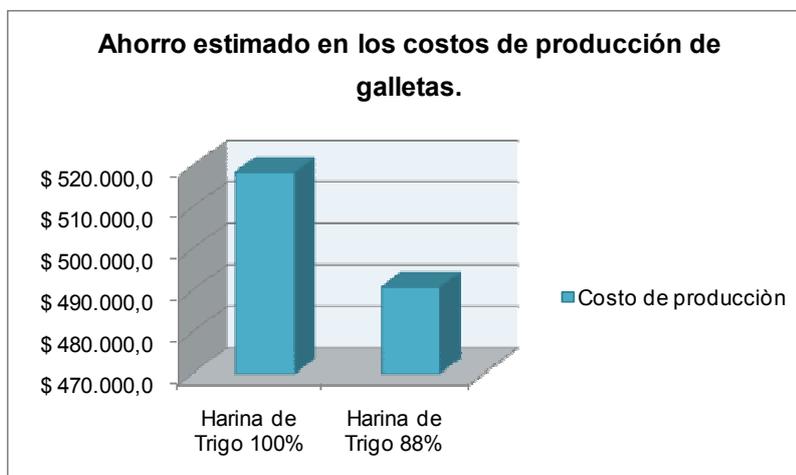
En este gráfico se observa la variación de los costos de producción con Harina de Trigo al 100% y con harina de trigo al 88% durante un año, y se aprecia que para la producción de esta última, tenemos una disminución de sus costos mensuales, como resultado del uso de la mezcla de harinas (trigo y maíz) y siendo el precio de la harina de maíz mas barato que el de la harina de trigo se genera un ahorro significativo a nivel financiero para la industria y de inventario de materia prima, lo que comprueba el porcentaje de ahorro estimado, que está en la tabla 5.18.

Tabla 5.18**Ahorro estimado anual en la producción de galletas.**

Materia prima	Costo de producción	Ahorro estimado Anual
Harina de Trigo 100%	\$ 518.400,0	\$ 27.648,0
Harina de Trigo 88%	\$ 490.752,0	5,33%

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

En la tabla 5.18 están los costos para la producción con harina de trigo al 100% y 88%, y comparando estos valores se calcula que el ahorro estimado entre estas dos producciones es del 5.33% anuales

Figura 5.6**Proyección de Ahorro Anual en la producción de Galletas.**

Elaborado por: Diana Núñez, 2009.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

- En nuestro país existen varias opciones de cereales, y en el caso del trigo para la fabricación de galletas se puede confirmar que es posible sustituir parcialmente a la harina de trigo que es su ingrediente principal, por harinas con bajo contenido de gluten como la de cebada o de inexistencia del mismo como la harina de maíz, que aunque aumenta su complejidad técnica favorece el desarrollo de nuevos productos y el aprovechamiento integral de la producción local de otros cereales.
- El perfil bromatológico de la mezcla de harinas sustituidas se comparó junto al perfil de la harina de trigo al 100%, debido a

que se usó un porcentaje de mezcla de harinas del 12%, recomendado por datos históricos de ensayos de tolerancia de reemplazo de materias primas en la línea de fabricación.

- En el perfil reológico realizado en el farinograma y en el extensograma, fue donde se presentaron resultados en los que las propiedades viscoelásticas de la masa cambian con respecto al estándar, tales como una baja estabilidad de la masa y baja resistencia al esfuerzo mecánico por la falta de proteína del maíz para formar gluten, lo que deriva de una harina débil que requiere de un mayor control en las etapas de mezclado y laminación.
- La etapa de proceso de mayor control fue la de mezclado, porque en ella, la cantidad de adición de agua es importante para la formación de la masa y debido a que los resultados de absorción de agua en el farinograma de la harina sustituida se mantuvieron dentro del rango esperado (52%-54%), la variación de agua no sobrepasó la desviación estándar establecida para la receta de galletas, mientras que el tiempo de ablandamiento

de la masa también fue monitoreado para que no pierda esponjosidad al pasar del mezclado a la laminación.

- Al obtener el producto final de la prueba se comparó la sustitución del 12% con el estándar de fabricación de harina de trigo 100%, y si cumplía con las características físicas y químicas requeridas de la galleta, por lo que se confirma que con valores menores de sustitución el perfil de la galleta se mantendrá y no habrán problemas técnicos de fabricación.
- En la evaluación sensorial que se realizó a través de una prueba triangular se obtuvo que la prueba de sustitución al 12%, no es significativamente diferente, y el panel de degustación definió que la diferencia radica en la textura que es un poco más crocante de lo normal, lo que se debe a la harina de maíz que es mas seca.
- En la prueba de porcentaje de rotura se obtuvo un resultado de 5% de rotura en promedio, lo que esta por debajo del limite esperado (10%). Lo que nos indica que la sustitución parcial con harina de maíz no le afecta al porcentaje de rotura de la

galleta y se puede exponer a las mismas condiciones de manipulación y transporte.

- El tiempo de vida útil del prototipo seleccionado fue de 14 meses en comparación a los 10 meses que dura el producto, esto debido a que la harina de maíz tiene un mayor tiempo de duración en almacenamiento por su baja cantidad de humedad y la ausencia de aceites que permiten una oxidación lenta y un mayor tiempo de conservación.
- En un periodo anual la proyección de ahorro que se estima es del 5,3% con una sustitución parcial de harina de trigo por maíz del 12% lo genera un ahorro significativo a nivel financiero para la industria y de inventario de materia prima para bodega.

6.2. Recomendaciones.

- Una recomendación importante para combinar harinas es verificar primero todas sus características físicas y químicas a fin de realizar una mezcla homogénea que nos permita trabajar bajo las condiciones operacionales de la harina estándar, y así evitarnos problemas en los equipos de fabricación y gasto de tiempo y mano de obra.

- La proyección de ahorro depende de la variación de costos mensuales de los cereales a nivel nacional e inclusive la influencia de su variación a nivel mundial, afectará esta proyección, por lo que se recomienda una constante revisión de las tendencias de los precios.
- La duración del tiempo de vida útil del producto con la sustitución parcial de harina de trigo se le atribuye a factores como la baja humedad y ausencia de aceites, es importante analizar los efectos de estos factores para obtener información de cómo podrían influir en otro tipo de alimentos secos, por lo que se deja una puerta abierta para desarrollar próximos estudios de tesis.