

Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de otros Cereales aplicado a la Industria Galletera.

Nuñez, Diana; Castillo Priscila.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
danunezf@gmail.com; pcastil@espol.edu.ec

Resumen

En este proyecto se desarrolló para la industria galletera una sustitución parcial de la harina de trigo por harina de otros cereales, para comprobar su factibilidad técnica y económica, con el objetivo de lograr una alternativa confiable que pueda usarse como solución a los problemas de escasez y aumento de precios del grano de trigo a nivel nacional.

Se establecieron opciones de cereales nacionales para este propósito, escogiendo el maíz por su diferencia técnica con el trigo para posteriormente establecer el porcentaje de sustitución parcial de harina de trigo y poder verificar este perfil de sustitución parcial de harinas, a través de pruebas bromatológicas sobre la harina y pruebas reológicas sobre la masa preparada utilizando un farinograma y un extensograma, para definir la variación tecnológica en el proceso y así mismo las características físicas, químicas y sensoriales del prototipo final.

Finalmente se proyectó un ahorro anual, según la tendencia al crecimiento de acuerdo a la variación de los precios de cereales en el mercado, para comprobar la factibilidad económica sin necesidad de cambiar precios de venta al público.

Palabras Claves: masa preparada, farinograma, extensograma, evaluación sensorial, proyección de ahorro.

Abstract

This project was developed for the biscuit industry for partial replacement of wheat flour with flour of other cereals, to ensure its technical and economic feasibility, with the aim of achieving a reliable alternative that can be used as a solution to the problems of scarcity and increased wheat grain prices nationwide.

Cereals national options were established for this purpose, choosing corn grain for their technical difference with wheat, and to later establish the percentage of partial replacement of wheat flour and verify the profile of partial replacement of flour, through bromatological tests on flavor and rheological tests on dough prepared using a extensograma and farinograma to define the technological change in the process and likewise the physical, chemical and sensory of final prototype.

Finally, was made a projection annual savings, according to trend growth according to the variation of grain prices in the market to check the economic feasibility without changing prices of final product.

Keywords: dough prepared, farinograma, extensograma, sensory evaluation, projected savings

1. 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 este proyecto 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.

2. Materiales y Métodos.

Para la elaboración de este proyecto, el primer paso fue la elección de los porcentajes de sustitución parcial de harina de trigo y estudio de la tolerancia en la línea de fabricación para conocer el comportamiento de las sustituciones en el producto final.

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, por lo que se realizó una revisión de los parámetros de producción y las condiciones de operación de los equipos y así 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 el porcentaje o los porcentajes entre estos tres, que mejor se ajusten a los requerimientos del estándar del producto.

Y a partir de estos porcentajes de sustitución seleccionados se realizará la determinación del perfil bromatológico y reológico para cada uno de ellos; así como las pruebas experimentales con la sustitución de harinas en la línea de fabricación.

2.1. 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

Tabla 1: Perfil Bromatológico

Perfil Bromatológico	Harina de Trigo 100%	
	Mín.	Máx.
Humedad (%)	13,00%	15,00%
Glúten Húmedo (%)	21,00%	24,00%
Cenizas (%)	0,30%	0,50%

2.2. 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 técnicas de tipo experimental, como el farinógrafo y el extensógrafo (6), las mismas que juegan un papel importante en mantener consistente la calidad de la harina, y al ser una sustitución parcial de harinas requerimos de conocer este perfil reológico para tomar las medidas de control pertinentes en la línea de fabricación.

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. 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 (letra B de Figura 1)
- Estabilidad (letra C de Figura 1)
- Tiempo de ablandamiento o debilitamiento de masa. (letra E de Figura 1)

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

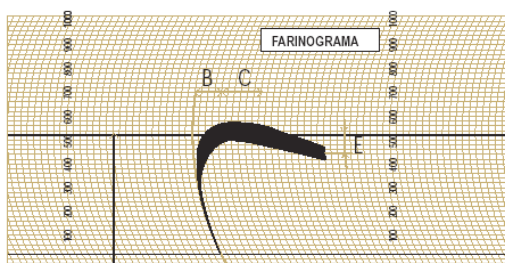


Figura 1: Farinograma de una masa de harina de trigo.

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)

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.

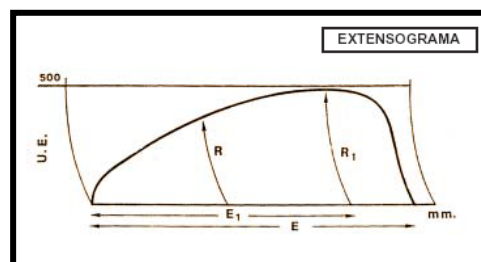


Figura 2: Extensograma de Harina de Trigo.

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.

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.

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)

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

Para las pruebas experimentales se realizó un monitoreo los parámetros de fabricación y las condiciones de operación 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

Luego de observar el comportamiento de cada uno de los porcentajes de sustitución se realizaron análisis físicos y químicos del producto durante el proceso de fabricación, en los que se revisaron las siguientes variables:

- Peso de Galleta Cocida
- Dimensiones de Galleta
- Resistencia de Galleta
- Humedad

Luego de escoger el prototipo ganador por sus semejanzas físicas y químicas al producto original, se procede a la evaluación sensorial a través de una prueba triangular 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.

Y finalmente el análisis de vida útil para comparar el tiempo de vida útil de este nuevo producto con el tiempo del producto original, lo mismo que fue evaluado a través de una prueba de conservación acelerada por el método Oxipres.

3. Resultados

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%.

En el análisis de resultados de este proyecto, tenemos lo siguiente:

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

Porcentaje de cenizas.

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 2 de resultados de análisis bromatológicos de las harinas.

Porcentaje de humedad.

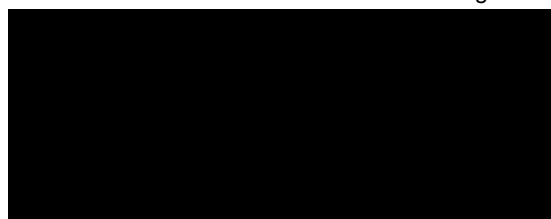
El porcentaje de humedad según el estándar de fabricación para la harina de trigo es de 13% a 15% y es frente a este valor que se van a comparar los análisis de humedad de las sustituciones A, B y C. En los resultados de la tabla 2 de resultados de análisis Bromatológicos de las harinas, se observa que

los valores de la humedad están dentro del rango esperado para las tres sustituciones.

Porcentaje de Gluten húmedo

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 2: Resultados de Análisis Bromatológicos.



3.2. Determinación del Perfil Reológico de las harinas parcialmente sustituidas.

3.2.1. 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, como se ve en la tabla 3, 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 3, son bajos en las tres sustituciones, en comparación al rango

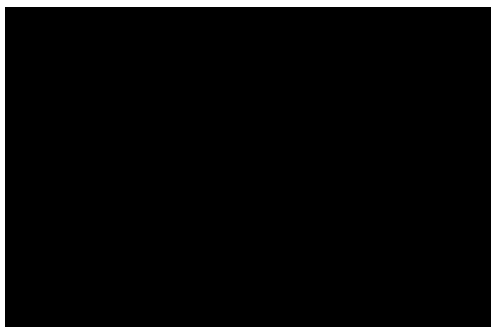
esperado va de 2,2 min. mínimo y de 3,2 min. máximo.

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, y como será aplicada a una galleta de masa dura, no genera problema al momento de su amasado.

Tiempo de Ablandamiento o Debilitamiento de Masa.

Como se observa en la tabla 3, estos resultados 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 3: Resultados de Análisis de Farinograma.



3.2.2. Análisis de Extensograma.

Dentro de los resultados que se obtienen del Extensograma están:

Extensibilidad

En los resultados de la tabla 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.), en comparación al estándar que es de 130mm. mínimo y 170 mm. máximo, 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 de 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.

Tabla 4: Resultados de Análisis de Extensograma.



Resistencia a la extensibilidad

En los resultados de la tabla 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.).

En comparación al estándar que es de 130 BU mínimo y 330 BU máximo, lo que demuestra 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 tipo maría.

Energía

En el caso de las sustituciones A y B, dentro de la tabla 4, se demuestra que están dentro de los rangos esperados que es de 40 cm² mínimo y 80 cm² máximo 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 y por lo tanto es la escogida para realizar los ensayos en la línea de fabricación.

3.3. 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:

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

En el proceso de fabricación se realizaron monitoreos a las etapas de mezclado, laminación y horneado.

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 3), lo que indica que no hay mayor necesidad de aumento de agua en la receta, pero en este caso se usó una desviación estándar de ± 4 litros de agua, por la resequeza que presentaba la masa característica que se le atribuye a la harina de maíz puesto que es más 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:

Tabla 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%

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 y controlar el peso de galleta cruda de acuerdo al estándar de fábrica.

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).

3.3.2. 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

El peso de la galleta en la prueba se mantuvo dentro del estándar de calidad que es 57g. por lo que al momento de la etapa de empaque no habrá sobrepeso porque el peso de la galleta cocida se encuentra dentro de la desviación estándar esperada (± 1 g.)

Dimensiones

Las dimensiones de la galleta sustituida cumplen con los estándares de calidad de galleta en los parámetros de ancho ($65\text{mm}\pm 1$), largo ($65\text{mm}\pm 1$) y espesor ($54\text{mm}\pm 1$), y nos indica que no habrá problemas en el momento del empacado.

Resistencia

La resistencia de la galleta sustituida con respecto a la galleta estándar, se mantiene dentro del rango establecido ($18\text{-}22$ dinas/cm² ± 1), y no habrá diferencia mayor de la original.

Humedad máxima

La humedad de la galleta sustituida es similar a la de la galleta no sustituida ($2\%\pm 1$), y nos garantiza que habrá la misma interacción con el empaque original, sin necesidad de recurrir al uso de otro.

3.3.3. Método de Evaluación sensorial, Prueba de Transporte y determinación del tiempo de vida útil 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.

El promedio de rotura tanto del estándar como de la prueba de galleta, da porcentajes menores en comparación al máximo de rotura tolerado por peso de caja de producto (10% máximo de rotura por caja).

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 2.3 de este ensayo mostraron que 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 más 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 por lo que la galleta sustituida tiene un tiempo de vida útil de 14 meses mientras que la galleta estándar tiene un tiempo de 10 meses, de acuerdo a los resultados de conservación acelerada por el método Oxipres.

4. Proyección de Costos de Producción

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. Sin embargo finalmente se escoge la harina de maíz por su bajo precio (\$25/50Kg.) en comparación al de harina de trigo (\$35/50Kg.) en el año 2009.

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 la tabla 6.

Tabla 6: Costos de producción de H. de trigo y H. de maíz.

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 la figura 3 de proyección de costos de producción con harina de trigo a diferentes porcentajes.

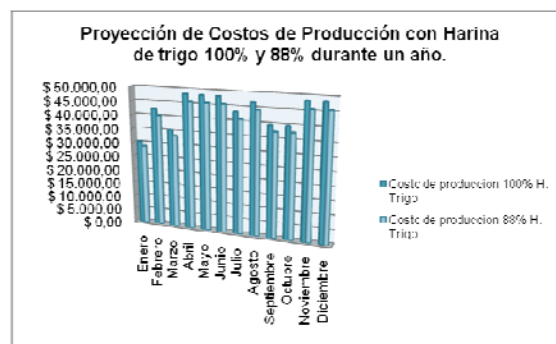


Figura 3: Proyección de Costos de Producción con Harina de trigo a diferentes porcentajes.

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 más 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 figura 4.

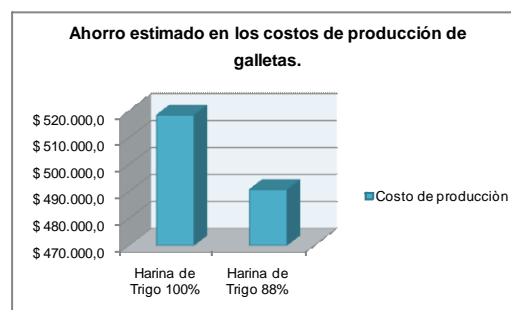


Figura 4: Proyección de Ahorro Anual en la producción de galletas.

En la figura 4, en el eje X, 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.

5. 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 más seca.

En la prueba de porcentaje de rotura se obtuvo un resultado de 5% de rotura en promedio, lo que está por debajo del límite 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. Agradecimientos

Al Departamento de I&D de Nestlé que participó activamente en la elaboración de las pruebas de este proyecto.

7. Referencias

- [1] CALLEJO MARIA, Industria de Cereales y Derivados, Primera Edición, AMV Ediciones y Mundi prensa, México, 2002.
- [2] DUNCAN J.R. MANLEY, Tecnología de la Industria Galletera, Editorial Acribia, España, 1983.
- [3] KENT N.L., Tecnología de los Cereales, Editorial Acribia, España, 1987.
- [4] KIRK RONALD, et. al., Composición y Análisis de Alimentos de Pearson, Novena Edición, Editorial Continental, México, 1999.
- [5] LAZCANO ELIZABETH, Panificados y Productos de Confitería, Dirección Nacional de Alimentos, Argentina, 2005.
- [6] LEWIS M.J., Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado, Editorial Acribia, España, 1993.
- [7] QUAGLIA GIOVANNI, Ciencia y Tecnología de la Panificación, Editorial Acribia, España, 1991.
- [8] REVISTA CANIMOLT, Medio de Difusión de la Industria Molinera de Trigo, Ediciones Canimolt, México, Marzo 2008.
- [9] SANCHO J., BOTA E., Análisis Sensorial de los Alimentos, Editorial Alfa omega, México, 2002.
- [10] STEELE R., Understanding & Measuring the Shelf Life of Foods, USA, 2004.
- [11] Métodos oficiales de análisis de AOAC internacional, disponibles en www.eoma.aoc.org/