



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO,
INVESTIGACIÓN, RELACIONES Y
COOPERACIÓN INTERNACIONAL**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN ALIMENTOS

Tema:

**DESARROLLO DE UNA FORMULACION
OPTIMIZADA DE GALLETAS PARA CELIACOS
UTILIZANDO HARINAS DE ARROZ Y QUINUA
LIBRES DE GLUTEN**

Autor:

Ing. Diego Mauricio Carrillo Freire

Tutor:

Msc. Mario Villarroel Tudesca

2005-2008

MANTA - MANABÍ - ECUADOR

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Centro de Cooperación Internacional (CEPIRCI) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, a los profesores de la Maestría de Alimentos y en especial al Dr. Mario Villarroel Tudesca tutor del presente trabajo. Esta tesis de grado cuenta con el soporte científico del Cien Austral.

DEDICATORIA

A Dios,
A mi familia, en especial a mi madre Lida
A mi país el Ecuador

RESUMEN

La enfermedad celiaca (EC) afecta a un segmento importante de la población mundial reduciendo el abanico de alternativas de alimentación obligándolos a vigilar su dieta de por vida. La metodología Superficie de Respuesta (MSR) es un procedimiento estadístico frecuentemente utilizado para estudio de optimización. En esta oportunidad se aplicó con la finalidad de obtener una formulación de galletas libres de gluten para celíacos que presente buenas características sensoriales. Se utilizó el diseño central compuesto con dos variables independientes y cinco niveles de trabajo respectivamente totalizando 11 puntos de diseño y 3 replicaciones en el punto central. Como resultado se determinó la mejor combinación de las variables independientes que resultó ser: Tiempo de horneado (TH) 16 a 18 min y mezcla de harinas de quínoa y arroz ((Q/A) 70 a 75/150). El análisis estadístico de los resultados mostró al tiempo de horneado como la variable que afectó significativamente la aceptabilidad del producto. Datos de caracterización química mostraron una equivalencia en contenidos de proteínas, hidratos de carbono, lípidos y fibra comparados con una formulación control que incluyó harina de trigo como material farináceo. Resultados del análisis farinológico mostraron como de esperar un significativo deterioro en las propiedades de la masa debido a la carencia de gluten tanto del arroz como de la quínoa. El estudio de vida útil de las muestras almacenadas a 30°C por 30 días resultó muy satisfactorio sin presentar deterioro en las características sensoriales.

SUMMARY

Celiac disease affects an important segment of the worldwide population constraining their nutritional possibilities. Response surface methodology (RSM) is a current statistical procedure frequently utilized for optimization studies. In the present investigation RSM was applied to develop a cookie formulation free of gluten for celiac patients with good sensorial characteristics. Central composite design (CCD) was applied with two independent variables baking time (BT) and quinoa flour/ rice flour ratio (Q/R) with five working levels each totalizing eleven design points with three replications at the central point. Statistical data analysis allow to determine the best combination of the control factors turning out to be BT= 16 a 18 minutes, and Q/R= 70 a 75/150 ratio. BT was the control factor with significant influence on the free gluten cookies acceptability. At the same time, chemical characteristics analysis showed a similar protein, lipid, carbohydrates and fiber profile compared with wheat flour cookies recipe. Farinological analysis as was presumed, showed a significant impairment in the dough characteristics because of the free gluten flours used in this study. Shelf life test of cookies stored 30 days at 30°C was very good because impaired changes in the sensorial characteristics were not observed

Indice

1.-	Introducción	8
2.-	Desarrollo del Tema	11
2.1	Planteamiento del problema	11
2.1.1	La enfermedad celiaca	11
2.1.2	Quinoa	14
2.1.3	Arroz	19
3.-	Metodología	22
3.1	Materias Primas	22
3.2.	Preparaciones de las formulaciones de galletas	22
3.3	Diseño experimental	23
3.3.1	MSR	23
3.4	Análisis sensoriales	24
3.4.1	Aceptabilidad	24
3.5	Análisis químicos	25
3.5.1	Análisis proximal	25
3.6	Ensayos farinológicos	27
3.7	Vida útil	29
3.7.1	Test discriminatorio	30

4.- Resultados y Discusión	31
5.- Referencias	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional % de quinua comparado con otros cereales	18
Tabla 2. Formulación de galletas	22
Tabla 3. Variables independientes y niveles de trabajo	24
Tabla 4. Influencia de los factores de control sobre aceptabilidad de galletas para celíacos	31
Tabla 5. Influencia de las variables independientes sobre la aceptabilidad	32
Tabla 6. Composición proximal de formulaciones de galletas para celíacos y una control	36
Tabla 7. Propiedades farinológicas de harina de trigo y arroz/quinua	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distintos fenotipos de semillas de quinoa	14
Figura 2. Fenotipos según color de semillas de quinoa	16
Figura 3. Componentes de la planta de arroz	20
Figura 4. Etapas de elaboración de las galletas	23
Figura 5. Grafico tridimensional que describe el efecto de los factores de control en la aceptabilidad de las galletas	34
Figura 6. Influencia de las variables independientes sobre la respuesta	35
Figura 7. Farinograma de Brabender de las harinas de trigo y arroz/quinua	38

1 Introducción

La enfermedad celiaca (EC) es una enteropatía crónica inducida por el gluten que tiene una evidente base genética y afecta al intestino delgado y secundariamente a otros tejidos del organismo. Constituye una causa frecuente de mal absorción intestinal. El establecimiento de un régimen libre de gluten constituye el problema terapéutico una vez confirmado el diagnóstico que deberá mantenerse de por vida. Dado el carácter permanente de la supresión del gluten en la dieta de los, pacientes, para llevar tener éxito en el tratamiento es imprescindible contar desde el primer momento con la colaboración de los pacientes y de sus familiares o círculos sociales cercanos.

Esta enfermedad se manifiesta en los niños desde el destete. Se caracteriza por una diarrea crónica que motiva un adelgazamiento, seguido de un retraso en el crecimiento y en los huesos, con problemas psíquicos (tristeza, apatía, anorexia, irritabilidad). Desde el punto de vista metabólico la mala absorción intestinal motiva una anemia con hipocalcemia e hipoproteinemia. Si no se les aplica un régimen sin gluten, surge rápidamente la muerte.

A nivel de la mucosa intestinal, se observa una atrofia además de una desaparición de las vellosidades intestinales. La microscopia electrónica revela anomalías en los extremos de pliegues intestinales, una alteración de mitocondria con una hiperplasia del retículo endoplasmático y aparato de Golgi y la desaparición de lisosomas.

No se sabe exactamente que constituyente del gluten es el responsable de la enfermedad; sin embargo, parece que solo la α -gliadina es verdaderamente tóxica, porque los péptido sometidos a hidrólisis péptica y trípica también son tóxicos. También se considera que la enfermedad celiaca estaría ligada a una sensibilidad al gluten en relación con el control genético de las respuestas inmunocelulares. El fenómeno de toxicidad debido al gluten parece dirigido contra los enterocitos; en efecto, los enterocitos fijan la gliadina ingerida por los enfermos y parece que existirían receptores específicos para la gliadina sobre los inmunocitos intestinales y

en particular sobre los linfocitos B y T. Según el Codex Alimentario Internacional, un alimento se considera exento de gluten cuando el contenido de este es menos a 0,05 g por 100g del contenido de nitrógeno o 0,3% del contenido de proteína en los granos del cereal tóxico para el celíaco. Los alimentos de fabricación industrial se consideran exentos de gluten cuando tienen menos de 200 ppm de almidón de trigo. Sin embargo, parece que esta cantidad supera los límites que en la actualidad se aceptan para la población celíaca.

El Ecuador al ser parte de uno de los centros de origen de plantas cultivadas (Región Andina) dispone de una amplia variabilidad de muchas especies de interés para la agricultura y la alimentación, entre los que se destacan las raíces, tubérculos, frutales y los granos andinos.

Las civilizaciones de los andes domesticaron algunas especies de granos comestibles, los mismos que han sido el sustento de numerosas generaciones de la región andina. Caracterizadas como especies con gran potencial nutricional y económico. En la agro biodiversidad de los Andes, sobresalen la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y el chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), granos de origen andino, subutilizados, de alto valor nutritivo, estratégicos por la cantidad y calidad de proteínas, grasas, fibras, minerales y vitaminas que aportan a la seguridad alimentaria. Por su parte el arroz es una buena fuente de magnesio, contiene niacina, vitamina B6, tiamina, fósforo, zinc y cobre, así como mínimas cantidades de ácido pantoténico. En cuanto al contenido de proteínas es el cereal más pobre en este nutriente. (7%) pero algunas variedades mejoradas pueden sin embargo llegar a presentar hasta 14% así y todo es el cereal después del trigo que más se consume en el mundo después del trigo

Considerando el valor nutritivo tanto de quinua, la rentabilidad y la demanda nacional insatisfecha de aproximadamente 1350TM (para el 2007), sin tomar en consideración la demanda potencial futura para el mercado extranjero y las similares características del arroz por carecer de gluten, este estudio pretende como objetivo general incrementar las posibilidades de su alimentación de individuos celíacos

desarrollando formulaciones de productos alternativos que no afecten la salud de este segmento de la población. Dentro de los objetivos específicos se proponen

I) Elaborar una formulación de galletas libres de gluten utilizando recursos vegetales como harina de quínoa y harina de arroz.

II) Aplicar la metodología Superficie de respuesta para obtener un producto de óptima aceptabilidad.

III) Caracterizar la formulación optimizada desde el punto de vista químico, físico y sensorial.

IV) Llevar a cabo un estudio de vida útil para determinar el tiempo adecuado de almacenamiento que no afecte negativamente las propiedades sensoriales del producto.

2. DESARROLLO DEL TEMA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1 Enfermedad Celíaca

La enfermedad celíaca (EC) se define como una intolerancia permanente al gluten en la dieta, que produce una enteropatía, caracterizada por atrofia vellositaria de la mucosa del intestino delgado y que lleva a diarrea crónica con mala absorción de nutrientes proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales y vitaminas. Es la enfermedad crónica intestinal más frecuente en determinados países del globo principalmente en el continente europeo, a menudo denominada enteropatía por sensibilidad al gluten causada por una reacción a la gliadina, el componente soluble en alcohol del gluten. El gluten que se encuentra en el trigo, la cebada, el centeno, la avena y el triticale es una mezcla de proteínas individuales, clasificada en dos grupos, las Prolaminas y las Glutelinas. El principal componente del gluten es la prolamina del trigo llamada Gliadina. Se desconoce el mecanismo mediante el cual la gliadina daña al intestino delgado, pero al parecer intervienen tanto factores genéticos como inmunitarios (Guevara, G, 2002; Sierra, E, 2003; Ruiz Díaz, A and Polanco, I, 2002; Chavez, C et al,1991)

El factor que desencadena la aparición de la EC es la ingestión del gluten del trigo y sus proteínas homólogas en la avena cebada y centeno. La fracción responsable de la acción deletérea del gluten es una prolamina soluble en etanol llamada gliadina la cual tiene un peso molecular de 30 000 a 75 000 daltons y ha sido clasificada en 4 grupos: fracciones alfa, beta, delta y omega; la fracción alfa sería la más tóxica

El inicio de la enfermedad suele ser hacia los dos años de edad, tras la introducción del trigo en la dieta, y en los adultos entre los 30 y 40 años. Se produce un aplanamiento de la superficie intestinal disminuyendo el área de absorción de los alimentos, la pérdida de ésta superficie es la que delimitará el grado de síntomas en

cada individuo. (Cruchet M. et al, 2003; Holmes G., 1993; Ruiz-Díaz A and Polanco I, 2002; Araya Q, 2006; Álvarez L et al, 1985).

En muchos casos los síntomas pueden pasar prácticamente desapercibidos, hasta que se manifiesten sus complicaciones. Lo más habitual es la presencia de una diarrea crónica con mala absorción. Pérdida de peso, anemia por deficiencia de hierro. El dolor abdominal puede ser recurrente y asociado a flatulencia distensión abdominal, y movimientos intestinales anormales. Aparecen también síntomas del sistema nervioso con sensación de quemazón y picor en la piel de las extremidades, contracciones musculares y dificultad para mantenerse de pie, con irritabilidad y alteraciones en la memoria. (Guiraldes, E, 1992; Troncone, R and Auricchio, S, 1993).

El tratamiento hasta ahora aprobado es una dieta exenta de gluten. Esto se demuestra por que al excluir el gluten en la dieta se produce una mejoría tanto clínica, bioquímica e histológica. Si la persona vuelve a reincidir se produce una recaída con reaparición de las lesiones histológicas intestinales características.

Aunque hay considerable variación entre un paciente y otro en cuanto a la edad de aparición y al tipo y severidad de las manifestaciones clínicas predominantes, lo habitual es que los síntomas se evidencien en el 2 o 3er semestre de la vida, después de un intervalo variable de latencia, que sigue a la introducción del gluten en la dieta. Por lo general, la diarrea se inicia en forma insidiosa, siendo las deposiciones característicamente voluminosas, pastosas, fétidas y grasosas, aunque en ocasiones sean francamente líquidas y ácidas. No se raro que en esta última situación el paciente sea admitido al hospital con el diagnóstico de diarrea aguda o prolongada.

Epidemiología

La incidencia de la enfermedad varía ampliamente entre diversos países, regiones y grupos étnicos. El oeste, norte y centro de Europa muestran altas

incidencias de la enfermedad, al igual que Australia y Canadá. En Estados Unidos se la diagnostica con mucha menor frecuencia. En Chile se ha calculado una incidencia de 1 por cada 1.500 a 2.500 nacidos vivos.

La prevalencia estimada de la enfermedad depende de si se calcula en base a los casos con manifestaciones clásicas (enfermedad digestiva) diagnosticados por biopsia intestinal, en cuyo caso la estimación global es de 1:1.300-1:5.000 nacidos vivos, o bien si se incorporan al análisis aquellos grupos que presentan cuadros atípicos o incompletos detectados por serología, en cuyo caso se estima una cifra mundial promedio de 1:250 individuos. En Latinoamérica, hay estudios poblacionales en Argentina y Brasil, donde se estiman prevalencias de 1:167 y 1:360 individuos, respectivamente. En Suecia es de 1 en 250 habitantes y 1 en 4 000 en Dinamarca. En la actualidad la técnica más confiable para diagnosticar esta enfermedad son los tests serológicos pues las técnicas actuales son muy imprecisas dando la impresión que los casos no diagnosticados parecen constituir la base del iceberg bajo la superficie y los casos diagnosticados sintomáticos estarían en la punta visible. (Gutiérrez, S and Isola, M, 2002; Sierra, E, 2003, Cilleruelo, ML et al,2002)

En el caso de América latina el trigo así como el resto de los cereales son una de las principales fuentes de energía formando parte indispensable de la alimentación del núcleo familiar. En estos países la desnutrición es uno de los problemas predominantes de este grupo de la población pero se ha visto en los últimos tiempos que esta situación puede ser revertida si se realiza un correcto tratamiento dietario, llegando a encontrarse incluso con que los celíacos siguen patrones alimentarios y antropométricos similares a los de la población normal, llegando incluso a mostrar una tendencia al sobrepeso por el consumo de la dieta occidental rica en grasas saturadas y azúcares solubles (Araya, M, 2006)

2.1.2 QUINOA : Quenopodium quinoa

Antecedentes botánicos

EL FRUTO

El fruto es un aquenio compuesto por el perigonio que cubre una sola semilla. Este perigonio tiene forma de estrella, frotándose se desprende fácilmente de la semilla.

En estado maduro su color puede ser gris, amarillo, rojizo, café o negro. Los frutos de la quinua cultivada tienen un borde afilado, mientras las quinuas silvestres lo tienen redondeado.

LA SEMILLA

La semilla es pequeña, aproximadamente de 2 mm de diámetro y 1 mm de espesor. El color puede ser amarillo, café, crema, blanco o translúcido.

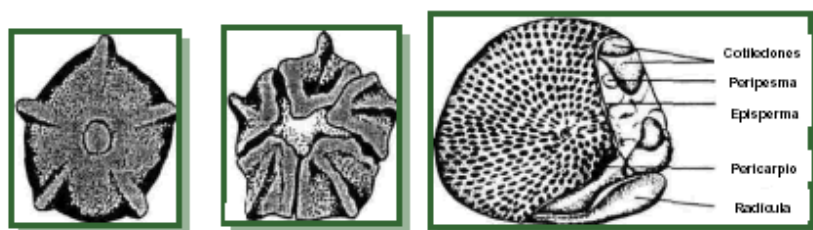


Fig 1 Distintos fenotipos de semillas de quinua

Botánicamente a la semilla es considerada como aquenio. Está formado por el perigonio que contiene la semilla, la que se desprende fácilmente al friccionar el fruto cuando está seco.

El pericarpio, está formado por tres capas, pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0.2% - 5.1%. El pericarpio es suave en los eco tipos chilenos y duro en los demás eco tipos.

Directamente bajo del pericarpio está el episperma, una membrana delgada que cubre al embrión. El embrión esta formado por los dos cotiledones y la radícula y envuelve al perisperma en forma de anillo. El perisperma presenta la sustancia de reserva y contiene pequeños granos de almidón. Su color es siempre blanco.

Cabe destacar que el embrión presenta la mayor proporción de la semilla (30 % de peso), mientras que en los cereales corresponde solamente al 1 %. De allí resulta el alto valor nutritivo de la quinua.

Las semillas vienen dispuestas en panojas, éstas tienen entre 15 y 70 cm, puede llegar a un rendimiento de 220 g de granos por panoja. Los colores varían según la variedad y el estado fisiológico de la planta, así van del púrpura al rosado amarillo, del verde al amarillo pálido, etc.

Los granos, cuyo color también varía (blanco, gris, rosado) tienen tamaño entre 1.8 - 2.6 mm. y se clasifican según su tamaño en grandes (2.2-2.6 mm) medianas (1.8-2.1 mm) y pequeñas (menores de 1.8 mm).

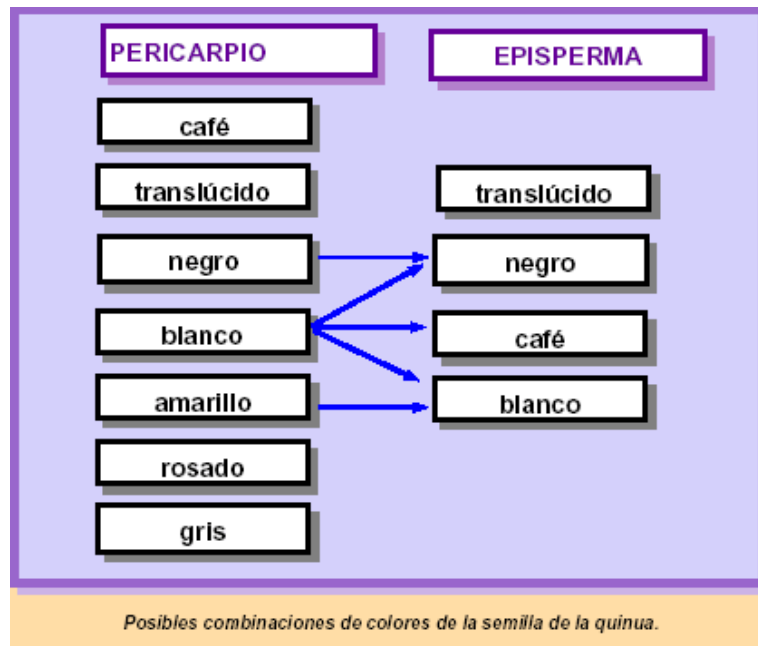


Fig. 2 Fenotipos según color de semillas de quinua

La capa externa que la cubre es rugosa y seca, se desprende con facilidad al ser puesta en contacto con agua caliente o hervida, en esta capa (pericarpio) se almacena la sustancia amarga denominada saponina que al ser lavada se elimina en forma de espuma. El grado de amargor varía según los tipos de quinua. El contenido de la saponina en la quinua es de entre 0-6% dependiendo de la variedad.

Por su valor nutritivo y gran potencial agroindustrial, la quinua puede ser transformada en productos de alto valor agregado, lo que mejoraría su presentación, facilitaría su preparación y permitiría el óptimo aprovechamiento de sus componentes nutritivos (Alvarez, M et al, 1990; Atwell, W.A et al, 1983; Fuentes, P, 1972.; Galwey, N.W, et al, 1990).

Son escasamente conocidos y difundidos los diferentes productos que se pueden elaborar a partir de este grano, tales como: galletas, expandidos, harinas, leches, hojuelas, extraídos, almidones, colorantes, saponinas, proteínas, concentrados, granos perlados crudos y precocidos, germinados granos preparados para el graneado, malteados, néctares, fideos, golosinas, toffes, dulces, mermeladas etc. Por esta razón aprovechando estas cualidades, se pueden desarrollar nuevos productos que satisfagan los gustos de segmentos de consumidores específicos

A través de este estudio, se pretende incrementar el valor agregado de la harina de quinua como asimismo de la harina de arroz, mediante un proceso de transformación que beneficie a productores, industriales y consumidores, haciendo más eficiente y rentable la producción y transformación de estos recursos alimenticios.. Observando la tabla 1 es un recurso interesante donde resalta nítidamente su contenido en proteínas (16%), lípidos y cenizas superiores a los cereales (Koziol, M. J, 1990).

. En el caso del contenido en aceite es comparable al encontrado en el maíz pudiendo en un futuro próximo llegar a producir nuevas especies con un alto contenido en aceite de interés industrial. (Eckey, E.W, 1954)

. Tabla 1.- Valor nutricional (%) de quinua comparado con otros cereales.

Componente	Quinoa	Trigo	Arroz	Maíz
Proteínas	13.0	9.3	6.4	10.6
Lípidos	7.4	2.0	0.8	4.5
Ceniza	3.0	1.4	0.5	0.3
H carbono	64.1	72.0	79.7	68.0
Fibra	2.7	3.7	0.3	4.8
Humedad	9.8	11.6	12.3	10.5
Kcal	331	322	363	341

Fuente Schmidt Hebbel- Tabla Composición alimentos chilenos. 5ª Ed., Chile

Analizando la tabla N° 1 se puede observar que el contenido de aminoácidos esenciales de la quinua supera con creces a los encontrados en el arroz Tiene además la particularidad que estos aminoácidos están bien balanceados destacando su aporte en lisina que es uno de los aminoácidos limitantes en los cereales pudiendo inferir de esta información que una mezcla de estos dos recursos se complementan aumentando la calidad biológica que va en claro beneficio para la alimentación de los consumidores.

Tabla 2 Tipo y contenido de aminoácidos esenciales en quinoa y arroz. g/100g

Aminoácido	Quinoa	Arroz
Treonina	0.459	0.233
Isoleucina	0.472	0.281
Leucina	0.786	0.538
Lisina	0.734	0.235
Metionina	0.262	0.153
Fenil alanina	0.537	0.348
Tirosina	0.367	0.217
Valina	0.589	0.392
Triptofano	0.069	0.075

Fuente USDA nacional Nutrient database SR19, 2007.

2.1.3 ARROZ. (*Oryza sativa*)

Antecedentes botánicos

El arroz es una planta de la familia Poaceae, cuyo cultivo proporciona un alimento que constituye la base de la dieta en Asia. Su nutriente principal son los hidratos de carbono, en cuanto a aporte de proteínas (7%) es inferior si se lo compara con la quinoa y en su estado naturales interesante su contenido en vitaminas y sales minerales que se suelen perder en gran proporción (hasta un 85% de vitaminas) con los procesos de refinado y pulido

El arroz es una gramínea anual del género *Oryza*, que incluye mas de veinte especies, de las que solo dos son cultivadas: *oryza sativa* y *oriza glaberrima*. *Oryza sativa* es originaria del Sudeste asiático y *oryza glaberrima* del Delta Central del Níger. Los arroces de perfil presentan un grano largo, delgado, normalmente

cristalino y más firme tras la cocción, mientras que los de perfil japónica tienen un grano más redondeado y más blando tras la cocción. Las variedades tipo indica se desarrollan mejor en las regiones ecuatoriales y tropicales por sus mayores necesidades de temperatura y luminosidad. Por el contrario, las variedades tipo japónica se producen en zonas más templadas por su menor sensibilidad al foto periodo (Japón, Europa, Australia o EE.UU.) La forma más frecuente de consumo es refinado, proceso consistente en un proceso de pulido mediante el cual se desprende la cascarilla, cubiertas externas y el germen ([http://www. Botanical -online.com/arroz.htm](http://www.Botanical-online.com/arroz.htm) 2007),

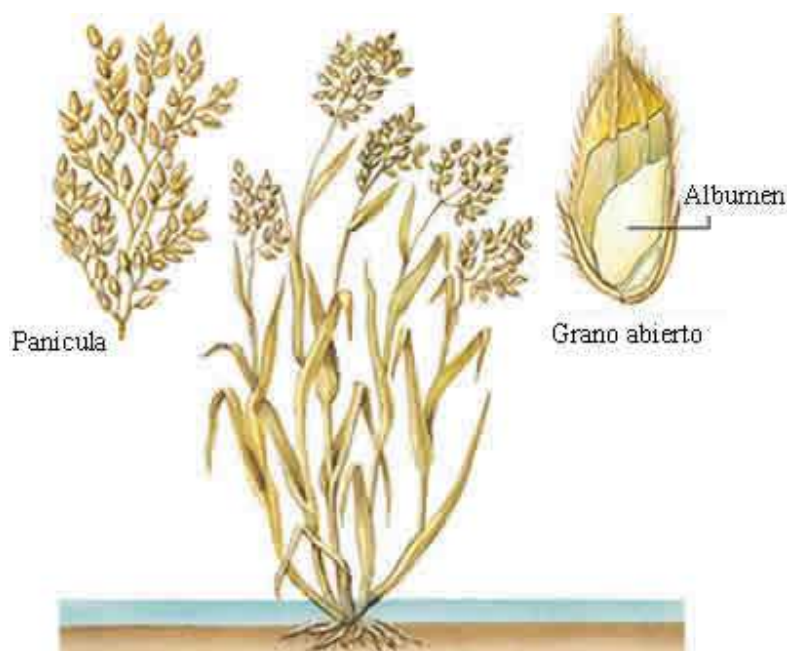


Fig. 3 Componentes de la planta de arroz

El arroz es, por su volumen de producción, uno de los tres cereales más importantes a nivel mundial. Destinado casi exclusivamente a alimentación humana, es sustento para 2/3 partes de la población mundial. La primera referencia de su cultivo aparece en un decreto sobre la plantación de arroz por un emperador chino en 2800 a.C. de China a la Antigua Grecia, de Persia al Delta del Nilo, el arroz migro a través de los continentes hasta encontrar su camino en el Hemisferio Oeste. Los emprendedores colonizadores fueron los primeros en cultivar

arroz en América.

Producción mundial. Tres son los países que mas producen este cereal a nivel mundial (China, India e Indonesia totalizando el 60% de la producción equivalente a 264 millones de toneladas. (<http://www.unctad.org/arroz.htm>, 2007).

La producción mundial de arroz ha estado subiendo desde las 200 millones de toneladas de arroz en 1960 a 600 en 2004. El arroz refinado es el 68 % del arroz en peso. En 2004, los tres productores top fueron China (31 % de la producción mundial), India (20 %), e Indonesia (9 %).

El mercado mundial es muy diferente, ya que solo el 6 % del arroz se comercializa internacionalmente. Los tres principales países exportadores son Tailandia (26 %), Vietnam (15 %), y EE.UU. (11 %), y los tres importadores más importantes son: Indonesia (14 %), Bangla Desh (4 %), y Brasil (3 %). (Fuente FAO, 2004)

En el caso ecuatoriano para elevar los rendimientos de arroz es necesario usar variedades y practicas de cultivo apropiadas. Las variedades recomendadas por el INIAP son: INIAP-6, INIAP-7 e INIAP-415, que poseen buenas características agronómicas. Las prácticas del cultivo se basan en la preparación del suelo, riego oportuno, fertilización y control de malezas. Los fertilizantes recomendados son: Urea 260 Kg. y Sulfato de amonio 570 Kg. (Andrade F, 1986).

Los herbicidas recomendados son: Ronstar 25 EC, en dosis de 3-4 l/ha en pre-emergencia, Avirosan 500 EC, 4-5 l/ha en pre-emergencia, Machete 4-5 l/ha a los 4 a 10 días después de la siembra, Saturno 3-4 l/ha en 4 a 10 días después de la siembra, SAM-LV-10, 6 a 8 l/ha en post-emergencia, Aminapac 1-3 l en post-emergencia y Basagran 3-5 l/ha en post-emergencia. El documento trae algunas mezclas de herbicidas recomendadas. (Nieto O, 1984).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materias primas.

Harina de quinoa y de arroz fueron adquiridos en el mercado local como asimismo los ingredientes para las formulaciones experimentales de galletas.

3.2. Preparación de las formulaciones de galletas

Para la elaboración de las galletas experimentales (ver tabla las harinas de quinoa y arroz se pesaron en una balanza marca Camry (sensibilidad 0.1g) de acuerdo a proporciones definidas en el diseño de optimización (ver diseño experimental) Previo al mezclado cada harina se pasó por un tamiz (abertura de malla 1 mm) y luego se mezclaron usando una batidora Oster modelo 3-46. Aparte se batieron huevos, manteca vegetal y panela (azúcar morena no clarificada). Luego las dos mezclas se juntaron y batieron por 3 minutos a 1000 rpm hasta formar una masa homogénea. Finalmente las galletas se hornearon a 140 °C variando el tiempo de horneado según rangos especificados en el diseño de optimización. Los productos horneados se almacenaron en envases de polietileno hasta el momento de su uso

Ingredientes	Concentración (g)
Quinoa/Arroz	65/115 – 135/160*
Huevos	60
Grasa vegetal	115
Panela	75
Polvos horneado	2

*Relación p/p

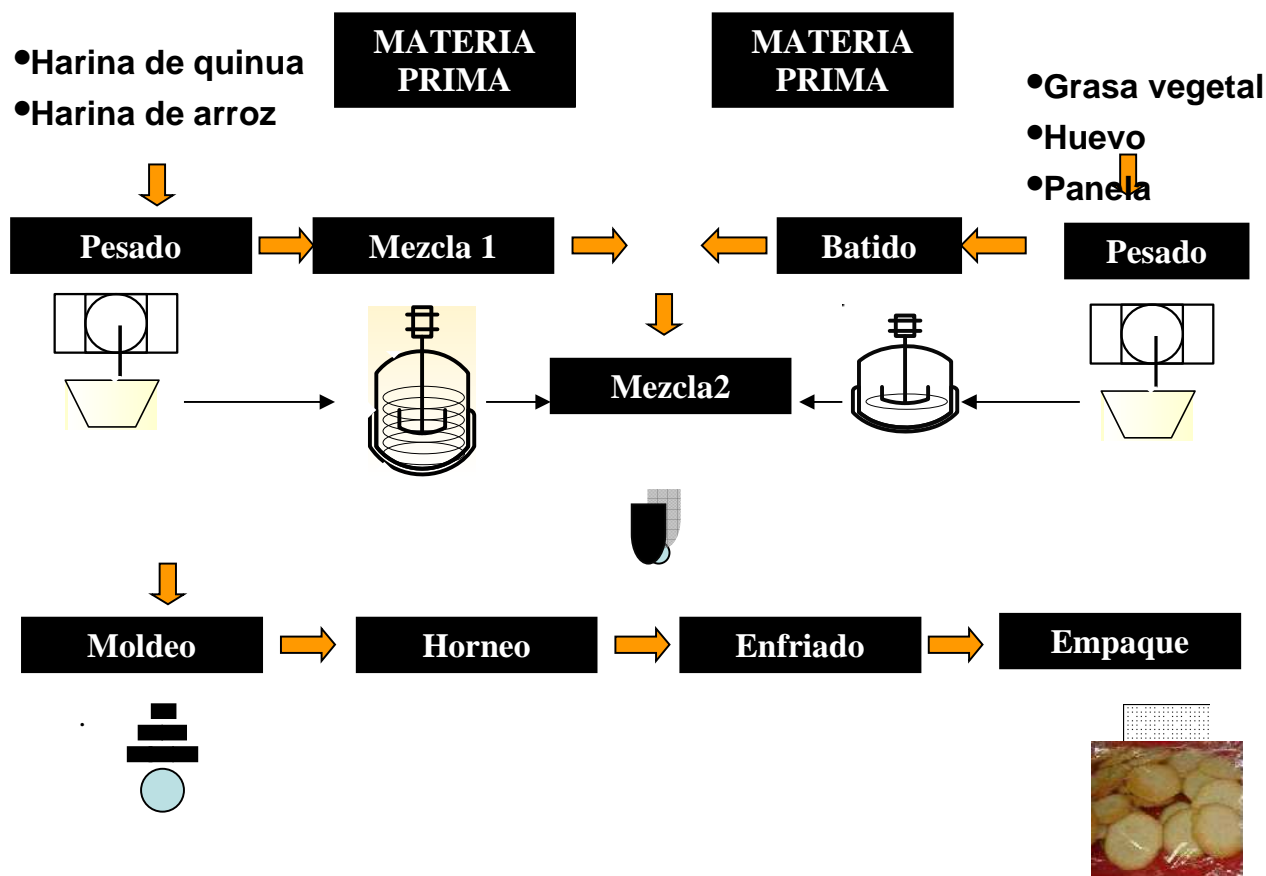


Fig. 4 Etapas de elaboración de las galletas

3.3 Diseño Experimental

3.3.1 MSR

Para determinar los niveles óptimos de las variables TH y Q/A así como la interacción entre ellas se utilizó la Metodología Superficie de Respuesta usando el diseño Central Compuesto (DCC) (Gacula M, 1984). Cada variable en este diseño se estudió su influencia en la respuesta con cinco niveles de trabajo. El diseño factorial fue un 3^2 y contempló 9 puntos de diseño donde el punto central fue replicado 3 veces para obtener una mejor estimación de la magnitud del error experimental, totalizando 11 corridas experimentales (ver tabla 3).

Tabla 3 Variables independientes y niveles de trabajo

Factores	Niveles de trabajo				
	-α	-1	0	+1	+α
Quinoa/Arroz ^a	65/115	75/150	100/125	125/100	135/160
T. Horneo ^b	8	10	14	18	30

a= Relación p/p; b= minutos

La respuesta sensorial fue aceptabilidad de las galletas. Los coeficientes de regresión se determinaron mediante un análisis de regresión múltiple con la ayuda del programa computacional Statgraphics 7.0, el mismo que permitirá obtener el gráfico tridimensional de superficie de respuesta y el mapa de contorno. El ajuste del modelo se obtuvo mediante un análisis de varianza. El objetivo final fue obtener una ecuación empírica que relacione el efecto de las variables independientes sobre la respuesta. El comportamiento de este sistema será explicado por la siguiente ecuación polinómica:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{1,2} X_1 X_2$$

Donde Y representa la respuesta aceptabilidad, los componentes de la ecuación X_1 y X_2 en sus formas lineales y no lineales representan las variables tiempo de horneado y relación quinoa/ arroz y $X_1 X_2$ la interacción entre ellas.

3.4. Análisis sensorial

3.4.1 Aceptabilidad

La aceptabilidad de las galletas se determinó usando el test hedónico (Wittig E, 1981; Ureña M, 1999) con una escala sensorial de cinco puntos donde 1= me desagrada mucho; 2= Me desagrada; 3=Ni me agrada ni me desagrada; 4= me agrada; 5= Me agrada mucho. Para la ejecución del test se utilizaron 100 personas de diferentes edades y sexo a las cuales se les entregó un formulario para la obtención de los datos.

3.5 Análisis químicos.

3.5.1. Químico proximal

El análisis proximal fue llevado a cabo de acuerdo a las técnicas estándares de la Association of Analytical Chemist (AOAC, 1990). Las características evaluadas fueron: humedad, proteínas, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado (carbohidratos). Todos los análisis descritos fueron realizados en duplicado.

Humedad

En un vaso precipitado de peso conocido se pesaron 2 gramos de muestra previamente homogenizada utilizando una balanza analítica. Luego se colocó en una estufa a 105 °C por un lapso de 6 horas hasta peso constante. AL término de este tiempo se retiró de la estufa y se dejó enfriar en un desecador. El porcentaje de humedad fue obtenido por diferencia de peso, entre el peso de la muestra original y el peso de la muestra seca.

Extracto etéreo

2 g de muestra seca se colocaron en un matraz erlenmeyer de peso conocido que se conectó a un equipo soxhlet para extraer el contenido de grasa de la muestra usando éter de petróleo como solvente. El proceso duró 5 horas. A continuación se eliminó el éter de petróleo del matraz por destilación al vacío utilizando un rota vapor quedando como residuo el material graso. El matraz se colocó en una estufa a 105°C por 2 horas para eliminar restos del solvente. Luego se pesó. El porcentaje de grasa se determinó por diferencia de peso del erlenmeyer con muestra inicial y final.

Proteínas

Un g de muestra seca fue depositado en un tubo de digestión Kjeldahl adicionando 10 mL de H_2SO_4 concentrado y 1g de mezcla catalizadora de $CuSO_4$ y K_2SO_4 (relación 1:10). En este proceso el contenido de nitrógeno de la muestra se convirtió en sulfato ácido de amonio eliminando el resto de componentes orgánicos. La etapa siguiente fue una destilación en ambiente alcalino adicionando una solución concentrada de soda cáustica al 40%. Bajo estas condiciones el nitrógeno quedó como amoniaco que fue recogido en una solución ácida de normalidad conocida. Cálculos matemáticos posteriores permitieron determinar la concentración de proteínas utilizando el factor de conversión 6.25.

Cenizas

2 g de muestra seca se colocaron en un crisol de porcelana previamente secado y tarado. Primeramente se carbonizó utilizando mechero y luego se incineró en una mufla a $550^{\circ}C$, durante 6 horas hasta que la ceniza alcanzó un color blanco grisáceo. A continuación, se depositó el crisol en un desecador, se enfrió a temperatura ambiente y se pesó en una balanza analítica.

Fibra cruda

Para determinar la cantidad de fibra cruda, se pesó 2 g de muestra seca y desgrasada. colocándola en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, se agregó 250 mL de H_2SO_4 0,255 N hirviendo y gotas de alcohol amílico como medio antiespumante. Se calentó sobre una placa calefactora durante 30 minutos, girando periódicamente el matraz para evitar que los sólidos se pegaran a las paredes del mismo. La mezcla obtenida se filtró a vacío en papel filtro Advantage N° 5. Se lavó 3 veces con agua destilada hirviendo. A continuación, se arrastró el residuo retenido en el medio filtrante con 250mL de NaOH 0,313N hirviendo, recibéndolo en un matraz de 500 mL. Se hirvió por 30 minutos, luego se filtró al vacío bajo las mismas condiciones anteriores pero usando papel filtro seco, previamente tarado. Se lavó 3 veces con agua destilada hirviendo y el residuo se puso a secar en una estufa a $105^{\circ}C$ por 30

minutos. Finalmente se pesó en la balanza analítica.

Hidratos de carbono

Su contenido se obtuvo por diferencia restando de 100 la suma de los porcentajes de humedad, extracto etéreo, proteínas, cenizas y fibra cruda.

Contenido calórico

Se calculó utilizando los coeficientes de Atwater (4 para proteínas, e Hidratos de Carbono y 9 para lípidos).

3.6 Análisis Farinológicos

Dentro de los parámetros considerados en la evaluación farinológica de la mezcla de harinas de quinoa/arroz seleccionada en la etapa de optimización y harina de trigo tomada como referencia se analizaron las siguientes características: Absorción de agua, tiempo de desarrollo de la masa, elasticidad, estabilidad, índice de tolerancia a la fermentación, decaimiento (U.B.) los que fueron determinados de acuerdo a procedimientos estándares de la Association of Cereal Chemists (AACC) utilizando el Farinógrafo de Brabender.

El farinógrafo Brabender es un equipo que permite determinar la calidad del gluten de una harina y ha sido utilizado ampliamente en los laboratorios. Dispone de una cámara de mezclado de una alta velocidad y la fuerza requerida para hacer girar dos paletas en forma de Z se mide en un dinamómetro que está conectado a un sistema de registro. El resultado es una gráfica del proceso de amasado, sobre una escala de 0 a 1000 unidades Brabender que actualmente reciben el nombre de unidades farinográficas, y la grafica obtenido se denomina farinograma. En este experimento se evaluó la acción visco elástica del gluten del trigo y será comparado con la mezcla de ensayo.

La más importante de estas variables es la estabilidad (en minutos) o tolerancia a la fermentación, y es el tiempo que media entre el punto máximo de la gráfica y el momento en que pasa por debajo de la línea de 500 unidades Brabender. Un tiempo mayor que 15 minutos ya corresponde a harina de un trigo de buena calidad. Entre 10 y 15 minutos corresponde a trigos de calidad intermedia. Inferiores a 10 minutos indica harina de trigo de calidad panadera floja. Este estudio se utilizó el farinógrafo Brabender No. 8-10-101 disponible en la Universidad Técnica de Ambato, facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Absorción de agua.

La absorción de agua es una medida indirecta de las características del almidón y se define como el porcentaje de agua, sobre el peso de harina que es necesario añadir para que la masa alcance una consistencia de 500 unidades Brabender en el punto máximo desarrollo. Cuando se trata de harinas precocidas, debido al gran hinchamiento que presenta el almidón modificado, se utiliza únicamente 25 g en lugar de los 50 g utilizados para el caso de harina de trigo

Tiempo de desarrollo de la masa o tiempo de amasado

Representa el tiempo en minutos desde la iniciación de la curva hasta el punto de máxima consistencia

Estabilidad

Es el tiempo en minutos, desde la primera intersección con la línea de 500UF, y la última intersección con esta línea. Es decir $E = UI - PI$, Representa la mayor o

menor resistencia que opone la masa al trabajo mecánico del amasado

Indice tolerancia al amasado

Es la diferencia en unidades farinográficas entre la parte superior de la curva en el punto de máxima consistencia y la parte superior de la misma a los 5 minutos de haber alcanzado dicho punto.

Grado de Decaimiento (U.B.) o caída a los 10 minutos

Es el valor en unidades farinográficas, entre la línea de 500 y el centro de la curva, medido luego de 10 minutos de la iniciación del ensayo.

Elasticidad

Es el ancho de la banda farinográfica medida en U.F., en el punto de máxima consistencia

3.7 Vida útil.

Muestras de galletas (A) se almacenaron a temperatura controlada (30°C) por un período de tiempo de 30 días. Finalizada la experiencia se llevó a cabo un ensayo discriminatorio pareado ((Wittig E.,1981; Ureña M.,1999) utilizando un panel sensorial entrenado de 20 jueces comparando A con galletas recién horneadas (B) para comprobar si el tiempo de almacenamiento podría afectar las propiedades sensoriales de las galletas. Los datos fueron analizados estadísticamente usando la distribución normal standard z con un alfa de 5%

3.7.1 Test discriminatorio

Toda evaluación sensorial se lleva a cabo mediante el uso de los sentidos, ya sea, lengua (gusto), visión (apariencia), oído (sonido), tacto (dureza, suavidad, oleoso, etc), olfato (aroma). La sensación compleja resultante de la interacción de nuestros sentidos, es usada para determinar características de muestras alimenticias actualmente en el mercado o en proceso de desarrollo, midiendo ya sea una o varias variables sensoriales a la vez. Dentro de los diferentes métodos con que se dispone para determinar características sensoriales podemos mencionar los ensayos discriminatorios pareados (dos muestras), triangular (tres muestras), etc, En el presente trabajo se practicará el test pareado, cuyo fundamento consiste en determinar si las muestras a analizar por el panel, son iguales o diferentes en algún aspecto

RESULTADOS Y DISCUSION

Observando las diferentes combinaciones de las variables independientes y además tomando en cuenta que se usó una escala sensorial donde el mayor valor de aceptabilidad corresponde a una calificación 5, los mejores resultados se consiguieron en los puntos de diseño 6, 11 y destacando nítidamente por sobre los demás el punto 7, obtenido con la combinación nivel central para tiempo de horneado y axial $-\alpha$ para Quinoa/Arroz

Tabla 4 Influencia de los factores de control sobre aceptabilidad de galletas para celíacos

P. diseño	Variables / niveles		Respuesta
	Tiempo horneado	Quinoa/Arroz	Aceptabilidad
1	-1	-1	3.05*
2	+1	-1	3.56
3	-1	+1	2.97
4	+1	+1	3.47
5	$-\alpha$	0	2,90
6	$+\alpha$	0	3.60
7	0	$-\alpha$	3.67
8	0	$+\alpha$	3.40
9	0	0	3.55
10	0	0	3.50
11	0	0	3.60

* promedio = 100

Como resultado del proceso de optimización usando el DCC se obtuvo una ecuación empírica polinómica de segundo orden en la cual la aceptabilidad de las galletas para celíacos desarrollada puede predecirse modificando las variables independientes X_1 tiempo de horneado y X_2 (relación p/p harina de quinoa y arroz) tomando en cuenta los rangos de trabajo impuestos en este ensayo. En esta ecuación el tiempo de horneado en sus formas lineal y no lineal reflejan una relación de afinidad superior con la respuesta a la mostrada por la proporción de harinas de quinoa y arroz.

$$Y = 3,55 + 0.25X_1 - 0.07X_2 - 0.17X_1^2 - 0.08X_2^2 - 2.5 \times 10^{-3} X_1 X_2$$

En cuanto a la información que se obtuvo del análisis estadístico el ANOVA demostró que la variable tiempo de horneado tanto lineal como cuadrática tuvo un efecto significativo sobre la respuesta ($p < 0.05$) con valores f experimentales de 43.40 y 16.37 respectivamente muy superiores al F teórico de 6.61.

Tabla 5 Influencia de las variables independientes sobre la aceptabilidad

F. variación	S C	g l	F exp	Probab	R ²
Modelo	0.71	5	12.40	0.0076	0.9254
X_1	0.50	1	43.40*	0.0012	
X_2	0.03	1	2.17	0.2008	
X_1^2	0.16	1	13.67*	0.014	
X_2^2	0.03	1	2.22	0.1962	
X_1X_2	2.5×10^{-5}	1	0.001	0.9646	
E falta ajuste	0.053	3	7.01	0.1273**	
E. puro	0.005	2			
Total	0.058	10			

*significativo $p < 0.05$; ** no significativo
 X_1 = tiempo horneado; X_2 = quinoa/arroz

Como parte del análisis estadístico es importante discutir la participación del error llamado también ruido y, como interfiere en la confiabilidad de la respuesta. En esta experiencia el error total se dividió en dos, uno identificado como error puro relacionado con la información no incluida en el ensayo que puede afectar la respuesta y por lo tanto no está controlada, y el error por falta de ajuste que dice relación con la capacidad predictiva de la ecuación empírica obtenida. En este ensayo se obtuvo un valor de 7.01 con un F superior al f tabla. Esta cifra significa que la ecuación es confiable puesto que el valor F resultó no significativo. Es interesante destacar además en este análisis el valor del coeficiente de determinación obtenido que implica que el modelo generado es capaz de explicar el 92.54 de la variabilidad de la respuesta. En otras palabras se demostró la estrecha relación que existe entre las variables independientes con la variable dependiente. Por último, se obtuvo una precisión adecuada de 9.7 superior a 4 considerado como deseable. Este término es importante de tener en cuenta pues está relacionado con la relación señal /ruido, signo de consistencia de la respuesta.

La forma que adopta la respuesta influenciada por las variables independiente se representa en las figuras 5 y 6 tanto tridimensional como de contorno. En la primera se demuestra claramente que el tiempo de horneado afecta significativamente la aceptabilidad el producto desarrollado obteniéndose una tendencia curvo ascendente hasta alcanzar la zona de máximas respuestas, mientras que para la relación quinoa/arroz su efecto es mas plano y lineal

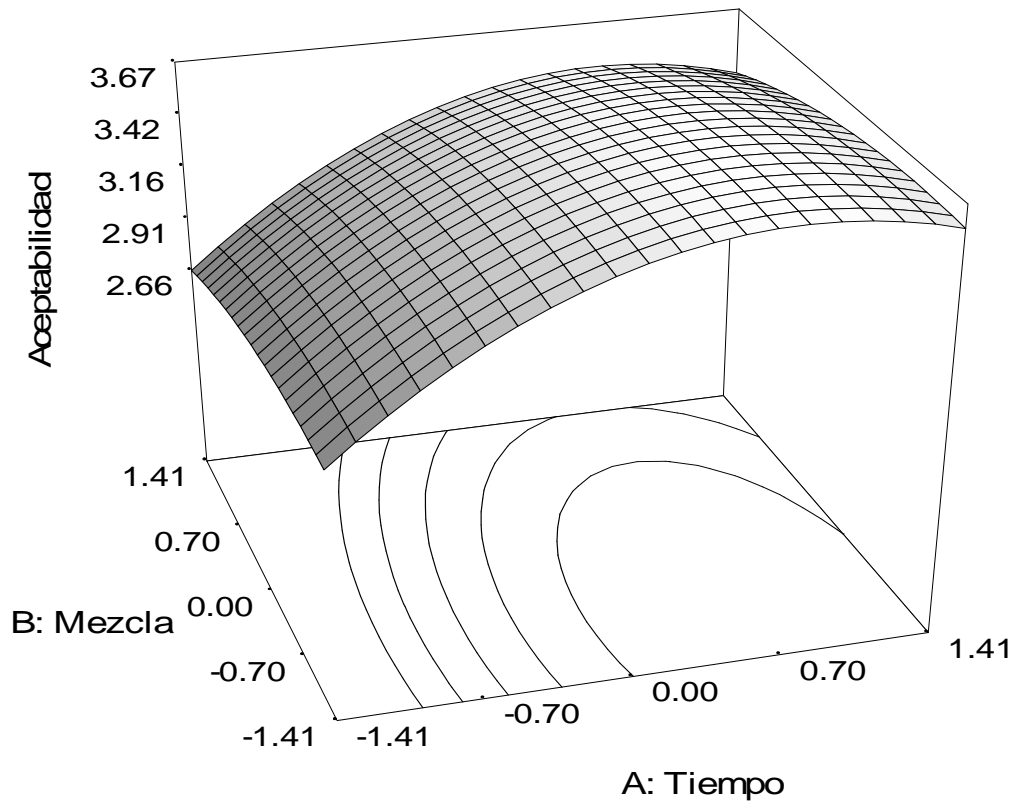


Fig.5 Gráfico tridimensional que describe el efecto de los factores de control en la aceptabilidad de las galletas

Mejor información sobre las mejores combinaciones de las variables independientes se encontraron en el gráfico de contorno donde se destaca nítidamente la región de máximos resultados de aceptabilidad., concluyendo que las combinaciones óptimas para obtener las mejores respuestas de aceptabilidad está para el tiempo de horneado en un rango entre 16 a 18 minutos en tanto para la relación quínoa/arroz sus valores se encuentran entre 70/150 a 75/150.

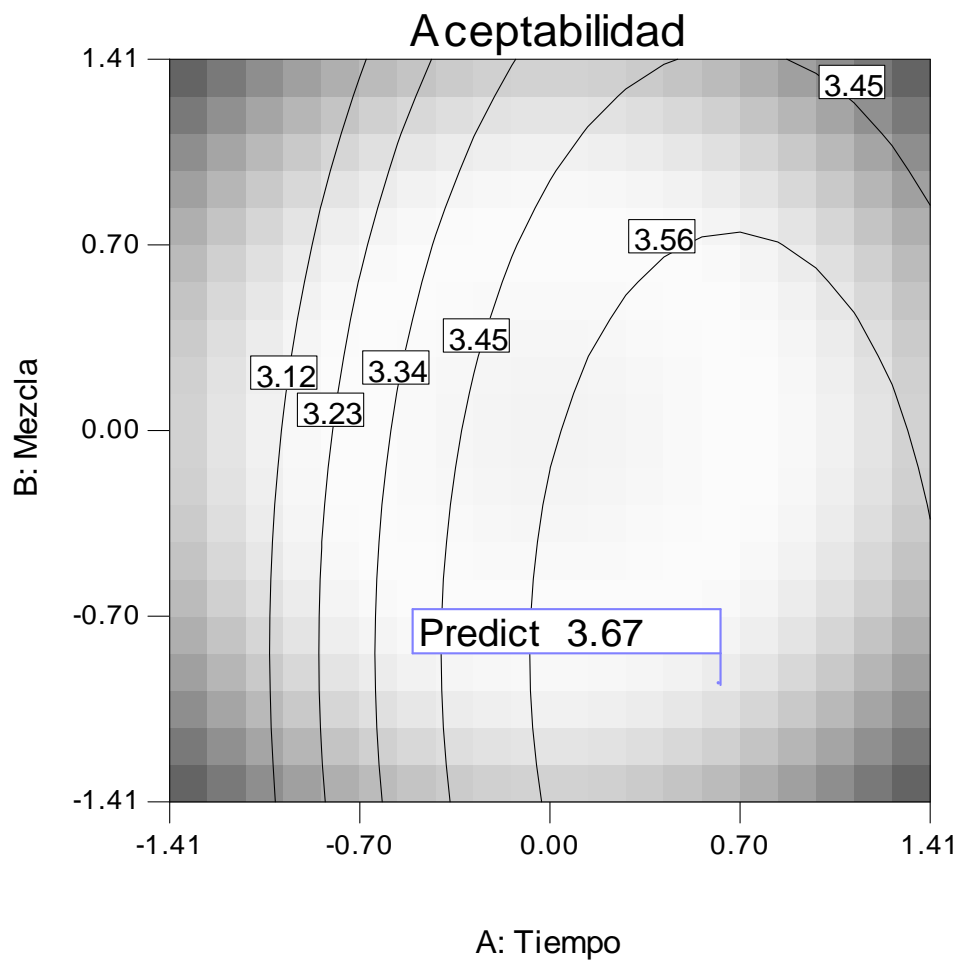


Fig 6 Influencia de las variables independientes sobre la respuesta

Análisis químico proximal

De la observación de los resultados una vez realizado el análisis proximal hecho a la galleta control elaborada con harina de trigo y la formulación para celíacos usando harinas de quinoa y arroz no se presentan grandes diferencias en los aportes de materia grasa, ceniza, fibra cruda e hidratos de carbono. En el caso de la concentración de proteínas su mayor contenido podría deberse a la inclusión de quinoa en la preparación. En cuanto a la cantidad de calorías la formulación de galletas para celíacos es inferior en 22 Kcal al compararse con la galleta control. Esta diferencia se explica por el menor contenido de materia grasa equivalente aproximadamente a un 4%.

Tabla 6 Composición proximal* de formulaciones de galletas para celíacos y una control. (g/100g)

Componentes	Galleta celíacos	Galleta control
Humedad	9,20***	8,85
Cenizas	1,62	1.36
Extracto etéreo	15,72	19.27
Proteínas**	8,98	7.34
Fibra cruda	1.01	0.60
ENN***	63.47	62.58
Energía Kcal	431.28	453.11

* valores promedios, n=2; **Nx6.25; *** Por diferencia

Análisis farinológicos

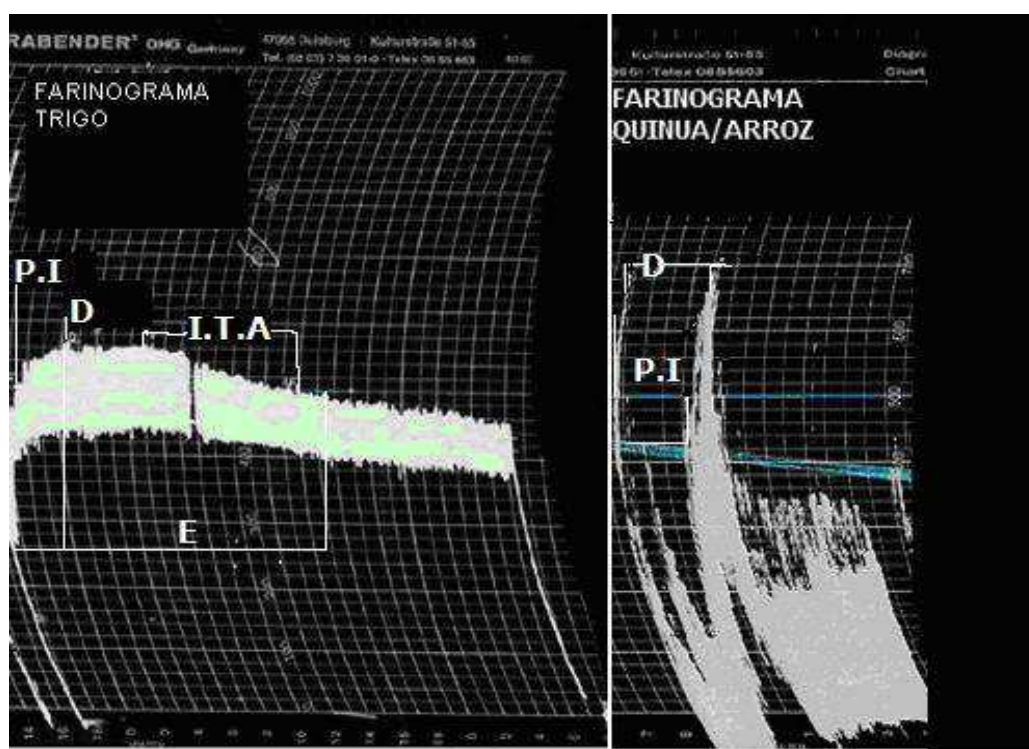
La capacidad de absorción de agua y la temperatura de gelatinización son características específicas de cada almidón en particular y dependen de diversos factores como por ejemplo el tamaño de los gránulos, relación amilosa/amilopectina, fuerzas intra e intermoleculares, entre otras. (Lizet R, et al, 2006) También está directamente relacionada con la cantidad de proteínas, tal como se observa en la tabla 7

Propiedades	H. trigo	H.quínoa/arroz
Absorción de agua (%)	52.50	70.0
Tiempo Des, masa (min)	4.40	2.2
Elasticidad (min)	5.UF	---
Estabilidad (min)	8.15	2.0
Índice tolerancia	10 min	---
Decaimiento	40 UB	----

Al comparar la harina control (trigo) y la mezcla harinas de quínoa/arroz se infiere que existe una gran diferencia en comportamiento visco elástico de la masa. A menor contenido de gluten menor será el tiempo de desarrollo de la masa como muestran los resultados en la tabla 7. La harina de trigo presenta un comportamiento de acuerdo a lo esperado puesto la gliadina como componente principal del gluten influye en la formación de la masa, lo que no sucede con la muestra de quínoa/arroz la que por carecer de gliadinas presenta una disminución significativa de su comportamiento visco elástico. (Tabla 7 y fig. N° 7)

La elasticidad o consistencia de la masa que media entre el punto máximo de la gráfica y el momento en que pasa por debajo de la línea de 500 unidades Brabender se mide en unidades farinológicas UF la que representa el ancho de la curva, que no se pudo determinar para la mezcla de harina sin gluten. En cuanto al decaimiento de la masa medido en UB representa el momento en que empieza a debilitarse la consistencia de la masa por efecto del trabajo mecánico a la que es sometida, así valores cercanos o mayores a 100 UB son típicas de harinas débiles.

Figura 7o. Farinograma de brabender de las harinas de trigo y arroz/quinua



P.I: punto inicial; D: tiempo de desarrollo de masa; I.T.A: índice de tolerancia al amasado

E: elasticidad

En lo que respecta a la tolerancia a la fermentación, un tiempo mayor de 15 minutos ya corresponde a harina de un trigo de buena calidad. Entre 10 y 15 minutos corresponde a trigos de calidad intermedia. Inferiores a 10 minutos indica harina de trigo de calidad panadera floja. La estabilidad corresponde a la porción de la curva en la que no hay un cambio sustancial de la consistencia durante el amasado y está

determinada en unidades de tiempo. Mientras mayor sea este parámetro, mayor será la resistencia o tolerancia de la masa al tratamiento mecánico. Se puede decir que todas las masas se rompen durante el amasado continuo y la ocurrencia de este fenómeno se detecta en el farinógrafo cuando la curva empieza a descender. Mientras más pronto ocurre este rompimiento, esto es indicativo que la menor tolerancia al abuso mecánico y a la fermentación.

El índice de tolerancia del control alcanza 10 UF a los 5 minutos de amasado, lo que no ocurre con la muestra experimental, la misma que no llega el tiempo requerido por carencia de gluten y se observa el decaimiento de la línea de 500 unidades Brabender.

Desde el punto de vista tecnológico y para obtener una masa maleable (tiempo de desarrollo de masa) el gráfico de Brabender nos indica que para elaborar galletas a base de q/a se necesita un tiempo de amasado de 4 minutos y 40 segundos a la proporción óptima sensorialmente evaluada.

Ensayo de vida útil

Determinar la vida útil de un producto alimenticio es muy importante para conocer el periodo de tiempo que puede estar en los locales de venta sin que se observen síntomas que pongan en riesgo tanto la calidad del producto como la salud de los consumidores. Existen diversas formas para conocer esta información ya que depende de muchas variables ej. porcentaje de humedad, temperatura ambiental, tipos de nutrientes, procesos de elaboración, tipo de envase, etc, etc. En nuestro caso particular después de un período de almacenamiento a 30°C durante 30 días se determinó el tiempo de almacenamiento utilizando ensayos sensoriales discriminatorios para verificar la posible modificación en el gusto, aroma y textura de las muestras. El resultado obtenido demostró que estas características no habían sufrido cambios significativos porque el valor z experimental = 1.12 que se obtuvo fue

muy inferior al $z = 1.64$ (<0.05) necesario para tomar la decisión opuesta. Tomando en cuenta que se trata de un producto con escasa humedad, es decir, bajo a_w , este resultado se puede perfectamente extrapolar mucho más allá de los 30 días planificados.

CONCLUSIONES

La metodología de superficie respuesta (MSR), es un método usado ampliamente en la investigación y desarrollo de productos en la industria de alimentos y cada vez se van haciendo aplicaciones más complejas y de mayor cobertura.

Es importante resaltar que los profesionales involucrados en la investigación y el desarrollo de productos y procesos agroalimentarios, cada vez deben dominar tecnologías que permitan ser más eficientes en los análisis estadísticos, y que permitan sacar la mayor cantidad de información a los datos experimentales y así generar un mayor conocimiento de los experimentos.

El diseño experimental (MSR) con el empleo de diseños factoriales en esta investigación permitió desarrollar con éxito una formulación optimizada de galletas para personas celiacas con una aceptabilidad calificada como buena.

El producto optimizado así como una formulación control presentaron características químicas comparables entre sí. Destacando en la galleta para celiacos un incremento de la concentración de proteínas.

Al mismo tiempo fue posible determinar las características farinológicas de las harinas de trigo y harina de quinua/harina de arroz confirmando el deterioro de las propiedades viscoelásticas de la última debida a la ausencia de las proteínas del gluten.

Finalmente los resultados encontrados en el ensayo de vida útil de las galletas llevado a cabo bajo condiciones específicas de temperatura y tiempo demostraron que el tiempo de almacenamiento no afectó las características sensoriales del producto.

REFERENCIAS

- Guevara G. 2002. Enfermedad celíaca Rev. Chil. Pediatr. 73 (4); 394-397,
- Sierra E. 2003. Mesa Redonda enfermedad celiaca en el siglo XXI. Bol Pediatr. 43:317-320
- Ruiz Díaz A, Polanco I. 2002. Exposición al gluten y aparición de enfermedades autoinmunes en la enfermedad celiaca. Pediatría , 22 (9): 311-9
- Chávez C, Eduardo, Ceresa O, Sergio, Guevara P, Gladys R. 1991. . Enfermedad celíaca en la adolescencia. Rev. Chil. Pediatr, 62: (4).238-241
- Cruchet M, Verbeke S.2003. .Dieta libre de gluten y disminución del riesgo de asociación de enfermedades autoinmunes en el paciente celiaco. Rev. chil. nutr., 30(2):102-105
- Holmes G. 1993. Enfermedad celíaca y afecciones malignas. Anales Nestlé 51: 70-79.
- Araya Q, Magdalena. Mar 2006 Mejorar el manejo de la enfermedad celíaca: Un desafío urgente. Rev. Méd. Chile, , vol.134, (3), 361-364
- Álvarez L, Jorge, Gutiérrez T, Guiraldes C, Campos E. 1985. Crisis Celiaca: Una Grave Emergencia Pediátrica. Rev. Chil. pediatr., 56 (6): 421-426)
- Guiraldes E. 1992. Enfoque diagnóstico del paciente pediátrico con diarrea crónica. Boletín del Hospital San Juan de Dios; 39:10-15
- Troncone R y Auricchio S: 1993. Celiac Disease, en: Wyllie R y Hyams JS, Pediatric Gastrointestinal Disease. WB Saunders Co., Philadelphia.

- Gutiérrez S.; Isola M, 2002. Enfermedad celiaca del adulto., Curso Gastroenterología. Hospital Aleman. Buenos aires.
- Cilleruelo ML, Román E, Jiménez J, Rivero MJ et al. 2002. Enfermedad celíaca silente: explorando el iceberg en población escolar. An Esp Pediatr, 57: 321-326
- Araya Q, Magdalena. 2006. Mejorar el manejo de la enfermedad celíaca: Un desafío urgente. Rev. Méd. Chile, 134(3):.361-364)
- Alvarez, M., J. Pavón, and S. von Rütte. Caracterización. 1990, p. 5-30. In: Ch. Wahli (ed.). Quinoa: hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A,
- Atwell, W.A., B.M. Patrick, L.A. Johnson, and R.W. Glass. 1983. Characterization of quinoa starch. Cereal Chem, 60:9-11
- Fuentes P., E.J. 1972. Importancia de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la solución del problema de las proteínas en la alimentación chilena. Edit. Simiente, 42:15-20
- Galwey, N.W., C.L.A. Leakey, K.R. Price, and G.R. Fenwick. 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Sci. Nutr. 42F, 245-261
- Koziol, M.J. Composición química, 1954 p. 137-159. In: Ch. Wahli (ed.). Quinoa, hacia su cultivo comercial. Latinreco Eckey, E.W.. Vegetable fats and oils, Reinhold, New York. USA
- Schmidt Hebbel. H. 1985. Tabla Composición Alimentos Chilenos, 5ª Ed., Edit. Cramer. Santiago, Chile

- USDA National Nutrient database SR19, 2007
- [http://www. Botanical-online.com/arroz.htm](http://www.Botanical-online.com/arroz.htm) , 2007
- <http://www.unctad.org/arroz.htm>, 2007
- Fuente FAO, 2004
- Andrade E, Francisco. 1986. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Guayaquil (Ecuador). Estación Experimental Boliche. Guía para el agricultor arrocero
- Otto. Nieto M, Carlos. 1984. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Guayaquil (Ecuador). Estación Experimental. Boliche. Control de malezas en cultivos de arroz.
- Gacula M. 1984. Statistical Methods in Food and Consumer research. Edit. Academic Press, INC. New York, USA.
- Wittig de PENNA E. 1981. Evaluación sensorial. Una metodología actual para Tecnología de Alimentos. Edit. Talleres Gráficos. USACH, Chile
- Ureña M. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Edit. Agraria. Lima, Perú)
- AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Vol. I y II. 1990. Published by the Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, U.S.A.
- AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, 1968

- Lizet Bou Rached, de Vizcarrondo Consuelo A, Rincón Alicia M, Padilla Fanny. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado Archivos Latinoamericanos de Nutrición., volumen 56 (4)

FASE I: Seleccionar variables y sus intervalos de variación, en esta fase se seleccionan las variables que se van a controlar en el experimento. Se van a considerar dos variables de proceso: tiempo (min), mezcla de harina (gramos). Para elegir los niveles se escogen de acuerdo a las condiciones normales de proceso.

FASE II: El diseño factorial es 3^2 con 9 puntos de diseño donde el punto central fue replicado 3 veces para obtener una mejor estimación de la magnitud del error experimental, totalizando 11 corridas experimentales. La tabla 1 muestra la matriz del diseño compuesto central, con las dos variables codificadas. Las observaciones de los puntos centrales son usadas para estimar el error experimental y permite chequear el ajuste del modelo de segundo orden.

FASE III: De acuerdo al plan experimental (ver tabla 1) se realizan las pruebas de aceptabilidad del producto, con el propósito de reducir el error, se estima constante la temperatura de horneado.

FASE IV: Se ajusta el modelo estimado