

Optimización de una formulación de queques (cakes) con características funcionales a partir de almidones resistentes, *Sphagnum magellanicum* y harina desgrasada de avellana (*Gevuina avellana Mol*)

Mario Villarroel, Carla Reyes, Julia Hazbun, Julia Karmelic

Departamento de Ingeniería Química, Fac. Ingeniería. Departamento de Nutrición. Universidad de La Frontera, Temuco. Chile

RESUMEN. Almidón resistente (AR) “Hi Maize 260”, musgo *Sphagnum magellanicum* (SM), recursos naturales ricos en fibra dietaria total y harina desgrasada de avellana (HDA) como fuente de proteínas, se utilizaron en el diseño y formulación de un producto de pastelería (queques) con características funcionales. La metodología Taguchi fue utilizada en el proceso de optimización trabajando con la matriz ortogonal $L_9 3^4$ con cuatro factores de control AR; SM; HDA y Master Gluten 4000 (MG), 3 niveles de trabajo y 9 corridas experimentales. La mejor respuesta de calidad sensorial (CS) y relación Señal/Ruido (índice de Robustez) equivalentes a buena/muy buena se obtuvo combinando las variables independientes en sus mínimos niveles de trabajo, información interesante por la importancia económica que tiene este resultado. Análisis de efectos promedios y ANOVA demostraron que los factores de control SM y HDA influyeron significativamente ($p < 0,05$) en la CS con un porcentaje de contribución relativa de 83%. En la caracterización química de la formulación optimizada es importante destacar su alto contenido en fibra dietaria total (8.67%) atribuido principalmente a la presencia de AR y SM, y su aporte proteico (7.22%). El producto almacenado a temperatura de refrigeración no alteró significativamente las características sensoriales sabor, apariencia y textura destacando la buena preferencia demostrada para el sabor. Sin embargo no ocurrió lo mismo cuando se almacenó a 20°C. Resultados del test hedónico mostraron una opinión muy favorable del producto alcanzando un 100% de aceptabilidad, información que permite predecir una buena recepción de este producto a nivel de segmentos de consumidores interesados en proteger su salud.

Palabras clave: Fibra, almidón resistente, optimización, Taguchi, calidad sensorial.

SUMMARY. Optimization of a cake formulation with functional characteristics using resistant starch, *Sphagnum magellanicum* moss and defatted hazel nut flour (*Gevuina avellana, Mol*).

Resistant starch (RS) Hi Maize 260, *Sphagnum magellanicum* Moss (SM) both natural resources rich in total dietary fiber, and defatted hazel nut flour (DHN) as protein resource were used in the development of a pastry product (cheque) with functional characteristics. Taguchi methodology was utilized in the optimization process using the orthogonal array $L_9 3^4$ with four control factors: RS, SM, DHN and Master Gluten 4000 (MG), 3 factor levels and 9 experimental trials. The best result of Sensory Quality (SQ) and signal to noise ratio (S/N) was obtained combining the minor levels of the independent variables. Main effect (average effects of factor) analysis and anova analysis showed that SM and DHN were the control factors with a significant influence ($p < 0.05$) on the CS with a relative contribution of 83%. It is important to emphasize the total dietary fiber (8.7%) and protein (7.2%) values, the former due to the presence of RS and SM. Shelf life study showed that the sensory characteristics flavour, appearance and texture were not affected when samples were stored at refrigerated temperatures but not at 20°C, specifically flavour always kept a good preference during the whole period of time. Samples of optimized cakes showed very good results when they were submitted to hedonic test with 100% of favorable consumer's opinions.

Key words: Fiber, resistant starch, optimization, Taguchi, sensory quality.

INTRODUCCION

La aparición en el mercado de los alimentos funcionales surgió como una respuesta al cambio de conducta a nivel mundial de los consumidores preocupados por la calidad de su alimentación y la necesidad de tener acceso a una alimentación que proteja su salud. En este sentido, la responsabilidad de la industria alimentaria fue responder a esta emergen-

te preocupación diseñando y lanzando al mercado productos que se adaptarán a las exigencias de este tipo de consumidores, como lo demuestra la presencia en los supermercados de una interesante gama de productos con estas características (1,2).

En la investigación de la fibra dietaria destaca la búsqueda permanente de nuevos recursos naturales que posean cantidades interesantes de este tipo de compuestos, para consumirlos

como tales o en mezcla con otros alimentos (3-8).

El interés de la comunidad científica por el estudio del almidón resistente (9-11) y sus efectos beneficiosos en el organismo como resultado de su fermentación por parte de la flora bacteriana ha sido ampliamente divulgado en la literatura científica dando origen entre otros compuestos a ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (10,11) entre ellos el butirato que a su vez es uno de los nutrientes preferido por la flora colónica, (12) que ejercen un efecto protector sobre la estructura de la membrana intestinal (13), ya que provee energía para las células epiteliales del colon (14), evitando la transformación de éstas a células nocivas o tumorosas. Podría también inhibir la actividad genotóxica de nitrosamidas y peróxidos de hidrógeno en las células del colon humano, con lo que de esta manera podría inhibir o disminuir el riesgo de cáncer. Por otro lado el propionato, otro de los AGCC generados, actuaría reprimiendo la síntesis de colesterol (9). Otra propiedad interesante de los AR es que reducen la densidad calórica de los alimentos (15), con lo que son capaces de disminuir la respuesta glicémica (16,17). Su incorporación a la dieta traería consigo una disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos (18-20) un incremento significativo de la oxidación lipídica que, por lo tanto, podría disminuir la acumulación de grasa a largo plazo (21), con lo que la posible reducción de factores de riesgo de algunas enfermedades tales como la arteriosclerosis, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon. Los AR son dignos de destacar no sólo por los ya mencionados beneficios para la salud si no también, porque su inclusión en formulaciones alimenticias no alteran características organolépticas como lo hacen tradicionalmente las fuentes ricas en fibra (16).

El musgo *Sphagnum magellanicum* es un recurso natural abundante en la región sur de nuestro país, el cual al ser caracterizado químicamente dio como resultado un 77% de fibra dietaria (4) transformándose en una excelente fuente de este componente funcional, destacando además sus propiedades físicas tales como elevada capacidad de absorción y retención de agua, moléculas orgánicas, e intercambio iónico (22). Los principales usos de este recurso son moldes para embalaje de flores, agente descontaminante de residuos industriales, bactericida (23), siendo escasos los ejemplos de su empleo como ingredientes para productos de consumo humano (22).

Una de las alternativas de uso de la avellana es su elevado contenido en aceite que a la fecha su destino es la incorporación a formulaciones de productos de cosmética y en mucha menor proporción en formulaciones alimenticias para consumo humano, sin embargo, luego de la extracción del aceite queda como residuo una torta o residuo desgrasado, del cual se obtiene harina destinada para consumo humano o animal ya que es rica en proteínas, hidratos de carbono y fibra (24). Esta harina ha demostrado poseer excelentes condiciones para la elaboración de productos de panadería y pastelería (25).

La tendencia del mercado alimenticio actual es segmentar hasta casi el infinito el universo de consumidores en busca de satisfacer la más amplia gama de requerimientos posibles. Teniendo en cuenta esto se planteó como objetivo formular un producto de pastelería incorporando nuevas fuentes de fibra y proteína, aprovechando y diversificando los recursos naturales de nuestro país, y entregando una alternativa que apunte a satisfacer las necesidades de los consumidores interesados en productos que contribuyan a su salud y bienestar; empleando para la optimización del mismo la metodología Taguchi.

MATERIALES Y METODOS

Materias primas

Muestras comerciales de AR "Hi-Maize 260" fueron donadas por la empresa BKN Ltda., Santiago, Chile; Master Gluten 4000 fue donado por la empresa Granotec S.A., Santiago, Chile. En cuanto a la muestra de musgo *Sphagnum magellanicum* fue donada por la empresa Los Volcanes, ubicada en Puerto Mont, X Región, Chile. El SM fue sometido a operaciones de selección, eliminación de impureza, secado hasta una humedad de 6% para luego envasarla en bolsas de polietileno y almacenada a temperatura ambiente. Posteriormente fue sometido a molienda en un molino de platos marca Fisher y finalmente fue cernida por un sistema de tamices ASTM seleccionándose la fracción tamaño de partícula de 0.42 mm. La harina desgrasada de avellana se obtuvo a partir de la torta semidesgrasada de avellana, triturada en un molino de platos marca Fisher), y cernida seleccionándose la fracción de partícula 0.18 mm. El resto de las materias primas empleadas en la formulación de los queques fueron: harina de trigo, polvo de hornear, azúcar, huevos, margarina light, extracto de vainilla y chip de chocolate, todos adquiridos en el mercado local.

Metodología Taguchi

Siendo el objetivo principal de este estudio optimizar la formulación de queque, se utilizó la metodología Taguchi., entendiéndose que optimizar es obtener la mejor combinación de variables dentro de una serie de alternativas posibles para desarrollar tanto productos como procesos con la mayor rapidez y menor costo posible. En este sentido, la metodología Taguchi (26-31), se caracteriza por utilizar arreglos ortogonales disminuyendo drásticamente el número de experimentos obteniéndose un producto de calidad, según las características que los consumidores esperan. En este estudio las cuatro variables independientes fueron AR; SM; HDA y Master Gluten 4000 (MG), 3 niveles de trabajo (Tabla 1) y 9 corridas experimentales (matriz ortogonal L_9 (3^4)). Las variables respuestas fueron Calidad Sensorial (CS) y relación Señal/Ruido (S/R) La primera etapa para la elaboración de las

formulaciones experimentales consistió en la combinación de los factores de control de acuerdo a los niveles de trabajo propuestos, con el resto de los ingredientes. La masa formada fue colocada en moldes y horneadas por un tiempo igual a 12 minutos a una temperatura de 250°C (Tabla 2).

TABLA 1
Factores de control y niveles de trabajo (%)

| Factores de Control | Niveles* | | |
|-------------------------------|----------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 |
| Almidón resistente | 11 | 18 | 25 |
| <i>Sphagnum magellanicum</i> | 1,5 | 3,0 | 4,5 |
| Harina desgrasada de avellana | 12 | 17 | 22 |

* 1 menor; 2 medio, 3 mayor

TABLA 2
Formulaciones experimentales de queque

| Ingredientes | g/100g |
|-----------------------------|-------------|
| Almidón resistente | 11 – 25 |
| <i>Shagnum magellanicum</i> | 1,5 – 4,5 |
| Harina desgrasada avellana | 12 – 22 |
| Master gluten 3000 | 0,06 – 0,10 |
| Huevos | 25 |
| Margarina | 20 |
| Aditivos* | 30 |

*: Polvo de hornear, harina de trigo, azúcar, extracto vainilla, chip chocolate.

Análisis sensorial

La Calidad Sensorial (CS.) fue definida como la suma de las características Sabor, Textura y Apariencia. En sesiones de discusión en panel abierto se determinaron los porcentajes de influencia relativa para cada una de las características mencionadas anteriormente, obteniéndose una ecuación de calidad sensorial expresada de la siguiente forma:

$$CS = 0,44* \text{ Sabor} + 0,31* \text{ Apariencia} + 0,25* \text{ Textura}$$

Para determinar la CS de las muestras de queque se utilizó un panel entrenado compuesto por 12 jueces utilizando el test de puntaje compuesto (32) y una escala analítico descriptiva de cinco puntos, donde 1= Malo y 5= Muy bueno.

Los resultados de calidad sensorial fueron sometidos a análisis estadístico de diferencias de magnitud de promedios por nivel de trabajo de cada factor (26) y análisis de varianza (ANOVA) (33) para determinar la influencia de los factores de control y sus respectivos niveles óptimos de trabajo aplicando un nivel de significancia de 5%. En este estudio se uti-

lizó el software Qualitex- 4. Con esta información se obtuvo finalmente la ecuación teórica optimizada que luego fue validada con la ejecución de un test confirmatorio.

Análisis químico

La formulación optimizada resultante fue sometida posteriormente a una caracterización química de acuerdo a las metodologías estandarizadas de la AOAC (34) cuantificando contenido de humedad, proteínas, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda e hidratos de carbono, este último por diferencia. El contenido de almidón resistente fue determinado por el método de Prosky (35) Paralelamente se determinó el valor de actividad de agua, empleando para ello un hidrómetro luff (a_w Pert-Messer) a 20 °C. El contenido energético se obtuvo utilizando los coeficientes de Atwater.

Ensayos de estabilidad al almacenamiento y vida útil

Con el objeto de determinar el tiempo de vida útil bajo condiciones específicas de temperatura (7°C y 20°C), se almacenaron muestras del producto optimizado en bolsas de polietileno de 1mm de espesor por un período de 20 días. A intervalos de 5 días se sacaron muestras y se midió la variación de la preferencia en sabor, apariencia y textura usando el test de ordenamiento o Ranking (32) comparándolas con una muestra recién elaborada utilizando un panel de jueces entrenados. El ordenamiento de las muestras se hizo en orden decreciente de la preferencia con un nivel de exigencia alfa igual al 5%.

Ensayo de aceptabilidad

Un aspecto importante de considerar en el desarrollo de nuevos productos es estimar la sensación de agrado o desagrado que produce el producto a nivel de consumidores. Con este fin se utilizó el test hedónico (32) y una escala de cinco puntos donde 1= me desagrada mucho; 5= Me agrada mucho, dando a probar la muestra a un total de 100 consumidores de ambos sexos abarcando un rango de edades entre 8 a 60 años de edad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Optimización de las formulaciones mediante Metodología Taguchi

En la Tabla 3 se presentan los resultados promedio de CS y Señal Ruido (S/R) de las nueve formulaciones experimentales de queques que reflejan las diferentes combinaciones de los factores de control. De su análisis se observa que la mejor combinación de variables independientes correspondió a la corrida experimental N° 1 con un puntaje promedio de CS igual a 4,35 equivalente a una calificación entre “Buena» y “Muy Buena”, y un valor de S/R de 12.76 En este último caso, mientras mas alta sea la relación mayor es la robustez del producto, es decir, mejor es la consistencia o calidad de la

respuesta a pesar de influencia de los factores de ruido (26,36). Es importante destacar además que este punto de diseño no sólo presentó la mejor calificación, si no que tiene la ventaja de combinar de tal manera los niveles de trabajo de las variables independientes que hace que sea el punto de diseño con menores costos de producción, dato positivo desde el punto de vista económico.

TABLA 3
Valores promedios de CS. y S/R de las formulaciones experimentales

| Punto de diseño | AR | SM | HDA | MG | CS | S/R |
|-----------------|----|----|-----|----|-------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4,35* | 12,76 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3,67 | 11,27 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3,27 | 10,27 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4,01 | 12,04 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3,09 | 9,74 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3,50 | 10,86 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3,64 | 11,21 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3,58 | 11,05 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3,75 | 11,46 |

* Promedio dos replicaciones; niveles de trabajo: 1= Menor; 2= Medio; 3= Mayor

El menor resultado de CS =3.04 equivalente a CS regular se obtuvo en la corrida experimental N° 5 donde predominó la combinación de los niveles de trabajo de los factores de control intermedio y superior coincidente con esta respuesta, la S/R disminuyó afectando negativamente la calidad de la respuesta frente a variaciones de ruido.

En la última columna de la Tabla 4 se muestran las diferencias de magnitud (delta) de los promedios de respuestas por factor de control y nivel de trabajo. Si se toma en cuenta que la magnitud delta es directamente proporcional a la influencia del factor de control en la CS, quedó demostrado en este estudio que tanto SM como HDA fueron las variables independientes con mayor impacto sobre la CS con valores deltas de 0.56 y 0.48 respectivamente, resultados correspondientes a los niveles mínimos de trabajo.

TABLA 4
Influencia de los factores de control por nivel de trabajo sobre la CS

| Factores de control | N ₁ | N ₂ | N ₃ | Delta |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Almidón resistente | 3,76 | 3,53 | 3,65 | 0,23 |
| <i>Sphagnum magellanicum</i> | 4,00 | 3,44 | 3,50 | 0,56 |
| Harina desgrasada de avellana | 3,81 | 3,81 | 3,33 | 0,48 |
| Master Gluten | 3,73 | 3,56 | 3,62 | 0,17 |

Resultados del ANOVA mostrados en la Tabla 5 demostraron que los factores más significativos sobre la CS ($p < 0,05$) fueron SM y HDA con un 83,03% de contribución a la respuesta (ver última columna, Tabla 5) resultados coincidentes con el análisis de diferencia e magnitud de promedios. Los factores que presentaron menor grado de influencia fueron el MG y AR con una participación total no significativa de 8%.

TABLA 5
Análisis de varianza de las fuentes de variación

| Fuente de variación | g.l. | SC. | F | % contribución |
|------------------------------|------|-------|--------|----------------|
| Almidón resistente | 2 | 0,158 | 3,59 | 6,45 |
| <i>Sphagnum magellanicum</i> | 2 | 1,127 | 25,63* | 45,98 |
| Harina desgrasada avellana | 2 | 0,908 | 20,64* | 37,05 |
| Master Gluten | 2 | 0,056 | 1,27 | 2,28 |
| Error experimental | 9 | 0,202 | | 8,24 |
| Total | 17 | 2,451 | | 100,00 |

* significativo al $p < 0,05$.

Con la información obtenida en los análisis de diferencia de promedios por nivel de trabajo y ANOVA se calculó la ecuación teórica optimizada determinándose un valor de CS esperada de 4,4, calificación equivalente a buena, muy buena, destacando además que los mejores niveles de trabajo para obtener la mejor respuesta de CS fueron los mínimos dato que es importante de tener en cuenta pues permite abaratar los costos de elaboración del producto sin afectar la calidad del producto. Para validar este resultado teórico se elaboró una formulación de queque utilizando los niveles óptimos de las variables independientes, que luego se sometió a un test sensorial confirmatorio obteniéndose una calificación promedio de CS igual a 4,6 +_0.2, correspondiente a una calificación "Muy Buena" ligeramente superior al valor teórico determinado.

En cuanto al resultado de la actividad de agua esta fue 0.97 causado probablemente por la presencia del musgo y a su capacidad reconocida de absorber y retener agua (23). Debido a esta característica que podría afectar la vida útil del producto, sería recomendable almacenarlo en un ambiente refrigerado.

La Tabla 6 indica la composición química proximal para el producto optimizado, junto con un producto equivalente presente en el mercado.

El contenido de humedad para el producto optimizado de 26,12% fue inferior a la presentada por la muestras comercial de queque, diferencia que puede ser importante teniendo en cuenta que la humedad constituye uno de los controles más severos en la producción y comercialización de productos panaderos y de pastelería.

TABLA 6
Composición química de la formulación optimizada
y un producto comercial equivalente. g/100g

| Parámetro | Queque experimental | Queque comercial* |
|------------------------|---------------------|-------------------|
| Humedad | 26,12 | 30,05 |
| Proteína ** | 7,22 | 6,02 |
| Cenizas | 2,14 | 1,77 |
| Fibra dietaria total | 8,67 | 0,20 |
| Grasa | 13,52 | 11,23 |
| Hidratos de carbono*** | 42,33 | 49,73 |
| Calorías (Kcal/ 100g) | 320 | 324 |

*Fuente: (39); **N x 6,25; *** Por diferencia

Es posible que el % de proteína encontrada en el producto optimizado superior a la formulación comercial sea mayormente responsabilidad de la HDA dado que ésta contiene un 19% de proteína (24), valor superior a la encontrada en la harina de trigo. Actualmente se sabe que el tipo de alimentación de la población está muy relacionado con la prevalencia de varias enfermedades crónicas (diabetes, obesidad, hipertensión, y factores de riesgo vital cardio y cerebro vasculares), fenómeno conocido como “síndrome metabólico” (37-38). En Chile así como ocurre en otros países la calidad de la alimentación es deficiente caracterizada por un alto contenido de ácidos grasos saturados, sodio y azúcares simples. Varias son las alternativas para revertir este problema. Una consiste en mejorar los hábitos dietarios incrementando el consumo de fibra por lo que es muy importante que las personas cuenten con acceso a productos enriquecidos con éste componente funcional, como es el caso del producto desarrollado en este estudio, si se toma en cuenta que productos comerciales semejantes existentes en el mercado presentan bajos contenidos de fibra (Tabla 6). En cuanto a las cenizas, se observó una diferencia importante entre los queques, que tiene su explicación en la incorporación de las harinas no tradicionales AR, HDA y musgo SM (4) Por otro lado, la importante presencia de hidratos de carbono en la formulación optimizada, puede ser atribuida a las materias primas utilizadas como la harina de trigo, azúcar y HDA esta última por contener un 59% de azúcares (24). Así y todo, las calorías totales fueron inferiores a las presentadas por el queque comercial debido a la incorporación de los ingredientes AR y SM ambos ricos en componentes no metabolizables.

Ensayos de estabilidad al almacenamiento y vida útil

En la Figura 1 aparece graficada la variación de las características sensoriales apariencia, textura y sabor, para las muestras almacenadas a 7 °C y 20 °C, utilizando como referencia un producto recién horneado. Desde el día quinto, se observó

una clara preferencia hacia la muestra refrigerada por sobre la recién horneada y la almacenada a 20°C, particularmente destaca el comportamiento del sabor que se fue acentuando positivamente con el paso del tiempo seguida de la apariencia. En resumen, se puede decir que las condiciones de almacenamiento a baja temperatura permitieron que se conservaran las cualidades sensoriales del producto. Es importante hacer notar que hacia el término de la experiencia fue posible observar indicios de desarrollo de hongos en las muestras almacenadas a 20°C. En cuanto al ensayo de aceptabilidad, los resultados obtenidos fueron muy bueno sobresaliendo las respuestas de “me agrada mucho” totalizando un 75% (Figura 2), debiendo destacar el hecho que el rango de edades de los consumidores encuestados era bastante amplio.

FIGURA 1
Variación características sensoriales de muestras almacenadas a 7°C (R) y 20°C (A) comparadas con una muestra control (C)

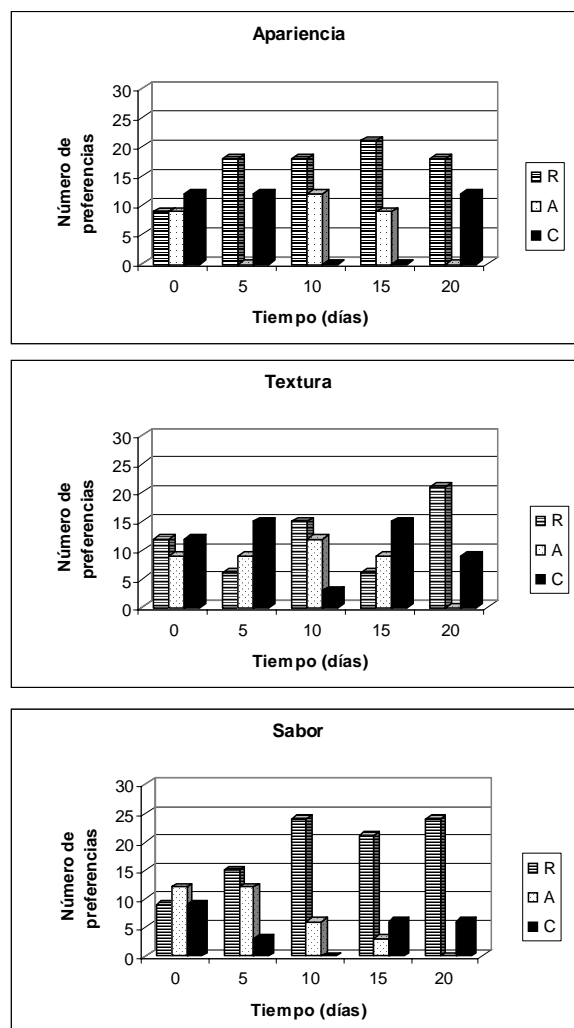
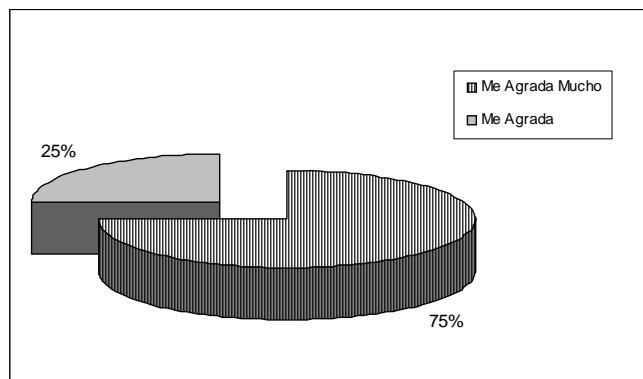


FIGURA 2
Porcentaje relativo de aceptabilidad



CONCLUSIONES

- Se determinó la mejor combinación de los factores de control utilizando los niveles mínimos de trabajo, siendo SM y HDA las variables independientes que influyeron significativamente ($p < 0,05$) en la calidad sensorial. En forma conjunta estas variables de control tuvieron un 83% de contribución relativa sobre la calidad sensorial del producto. Como resultado del test confirmatorio se obtuvo un valor de CS igual a $4,6 \pm 0,2$ equivalente a muy buena.
- En cuanto a las características químico nutricionales, sobresalieron los componentes proteínas y fibra mostrando valores muy superiores a productos comerciales equivalentes.
- De acuerdo a los ensayos de estabilidad al almacenamiento, el parámetro que mostró mejores preferencias a temperatura de refrigeración fue el sabor seguido de la apariencia, mientras que el más afectado tanto a 7°C como 20°C fue la textura. Se debe destacar además el excelente resultado obtenido en el test hedónico obteniéndose un 100% de respuestas favorables al producto optimizado.
- Se demostró que el empleo de la metodología Taguchi, es efectiva como estrategia de trabajo obteniéndose resultados con reducidas corridas experimentales y en corto tiempo, factores que tienen un impacto significativo en los costos de los ensayos experimentales.

REFERENCIAS

1. Vasconcellos JA. Functional Foods. Food Science and Nutrition Department, Chapman University, 2000.
2. Hoogenkamp HW. Lifestyle and food: mega changes for mega markets. Food Ingredients, 1994; 3: 23-29.
3. Pak N, Ayala C, Vera G, Pennachiotti I. Fibra dietética soluble e insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile. Arch Latinoamer Nutr. 1990; 40 (1): 116-125.
4. Villarroel M, Biolley E, Yáñez E, Peralta R. Caracterización química nutricional del musgo *Spaghnum magellanicum*. Arch Latinoamer Nutr. 2002, 52 (4): 393-399.
5. Huth M, Dongowski G, Geghardt E, Flamme W. Functional properties of dietary fibre enriched extrudates from barley. J Cereal Sci. 2000; 32: 115-128.
6. Gordon DT. Functional properties vs physiological action of dietary fiber. Cereal Foods World. 1989; 34(7): 517-525.
7. Lajolo FM, Saura-Calixto F, de Penna Wittig E, Meneses EW. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud : Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos .Sao Paulo: Livraria Varela. 2001.
8. Saura Calixto F. La fibra dietética en nutrición y salud. Alim Nutr Salud. 1997; (1): 17-22.
9. Brown IJ, McNaught KJ, Andrew D, Morita T. Resistant starch: Plant breeding, application, development, and commercial use". University Press, Advanced Dietary Fiber Technology, Iowa State, 2001.
10. Topping DL, Clifton PM. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and non starch polysaccharides. Physiol Rev. 2001; 81: 1031-1064.
11. Slavin JL. Whole grains, dietary fiber, and resistant starch. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul. 2002.
12. Hylla S, Gostner A, Dusel G, Anger Bartram H, Christl SU, Kasper H, Scheppach W. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. Am J Clin Nutr. 1998; 67: 136-142.
13. Kleessen B, Stoof G, Proll J, Schmiedel D, Noack J, Blaut M. Feeding resistant starch affects fecal and ceacal microflora and short-chain fatty acids of rats. Journal of Animal Science. 1997; 75: 2453-2462.
14. Schmiedel D, Bäuerlein M, Bengs H, Jacobasch G. Production of heat-stable, butyrogenic resistant starch. Carbohydrate Polymers. 2000; 43: 183-191.
15. Gee JM, Wortley GM.. Effects of resistant starch on intestinal structure and function. En: J.M. Gee and F. M. Nagengast (eds.), Intestinal cell proliferation with emphasis on dietary manipulation. Report of a European FLAIR Concerted Action . San Remo, Italy. 1992.
16. Yue P, Waring S. Functionality of resistant starch in food applications. National Starch & Chemical, reprinted from issue of Food Australia, 1998.
17. Hoebler C, Karinthu A, Chiron H, Champ M, Barry JL. Bioavailability of resistant starch in bread rich in amylose: metabolic responses in healthy subjects and starch structure. Eur J Clin Nutr. 1999; 53: 360-366.
18. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. Starch foods and glycemic index. Diabetes Care. 1988; 11, 149-159.
19. Morand C, Révész C, Lavrat MA, Demigne C. Replacement of digestible wheat starch by resistant cornstarch alters splanchnic metabolism in rats. J Nutr. 1992; 122: 345-354.
20. De Deckere EA, Kloots WJ, Van Amelsvoort, JM. Resistant starch decreases serum total cholesterol and tricylglycerol concentration in rats. J Nutr. 1993; 123: 2142-2151.
21. Higgins JA, Higbee DR, Donahue WT, Brown IL, Bell ML, Bessesen DH. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. Nutrition & Metabolism. 2004; 1-11.

22. Villarroel M, Acevedo C, Yáñez E, Biolley E. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Arch Latinoamer Nutr. 2003; 53(4): 400-407.
23. Moure A., Dourado F, Sineiro J, Gama F, Domínguez H. Concerning the wound-healing properties of *Sphagnum* holocellulose: the Maillard reaction in pharmacology. J Ethnopharmacol. 2004; 88 (2-3): 145-148.
24. Villarroel M, Biolley E, Ballester D. Suplementación proteica de harina de arveja con harina desgrasada de avellana. Archivos Latinoamer Nutr. 1990; 40(3): 379-386.
25. Rivas RA. Desarrollo de una línea de productos funcionales de masas dulces destinadas al adulto mayor. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de la Frontera. 2005. Temuco, Chile.
26. Roy R. Design of Experiments using the Taguchi Approach. Edit. John Wiley & sons, INC, USA; 2001.
27. Roy R. A Primer on the Taguchi Methodology. Edit. SME, Michigan, USA; 1990.
28. Marfil R. Método Taguchi, una herramienta para el mejoramiento de la calidad. Tecnología de alimentos. 1991; 26(5): 14-33.
29. Villarroel M, Castro R, Junod J. Desarrollo de una formulación optimizada de mermelada de damasco de bajo contenido calórico utilizando la metodología Taguchi. Archiv Latinoamer Nutr. 2003; 53 (2): 209-215.
30. Chuaqui P, Wittig de Penna E, Villarroel M. Método de Taguchi para optimizar calidad de postres funcionales destinados al adulto mayor y estudio de prefactibilidad técnico – económica. Revista Chilena de Nutrición. 2004; 31(2): 118-127.
31. Taguchi G, Elsayed A, Hsiang T. Quality Engineering in Production Systems. McGraw-Hill, Inc., New York; 1989.
32. Wittig de Penna E. Evaluación Sensorial, una Metodología actual para Tecnología de Alimentos. 1ª Edición. Talleres Gráficos USACH. Stgo. Chile; 1981.
33. Ureña M, D'Arrigo M, Girón M. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Agraria, Lima, Perú; 1999.
34. Association of Official Analytical Chemistry. AOAC. Official Methods of Analysis, 15a Edition. The Association. Washington DC. 1990.
35. Prosky L, Asp GN., Schweitzer TF, Devrie JW, Furda L. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products. Collaborative Study. J Assoc Anal Chem. Int. 1992; 75 (2): 360-367.
36. Yacuzzi E, Martín F, Quiñones H, Popovsky M. El diseño experimental y los métodos de Taguchi: Conceptos y aplicaciones en la industria farmacéutica. Se consigue en URL: <http://www.uv.es/bibsoc/GM/data/Papers/cemdoctra258.html>.
37. Kohli P, Greenland P. Role of the metabolic syndrome in risk assessment for coronary Heart disease. JAMA, 2006; 295: 819-821.
38. López-Candale A. Metabolic syndrome. A comprehensive review of the pathophysiology and recommended therapy. J. Med. 2001; 32:283-300.
39. Villarroel M, Uquiche E, Brito G, et al. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. Arch. Latinoamer. Nutr. 2000; 50(1): 62-68.

Recibido: 17-10-2006

Aceptado: 01-03-2007