

Efecto del mejoramiento proteico sobre los parámetros de calidad nutricional y sensorial de galletitas dulces (*cookies*)

Santiago Rafael Pérez, Carlos Alberto Osella, María Adela de la Torre, Hugo Diego Sánchez

Instituto de Tecnología de Alimentos - Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral.
Santa Fe, Argentina

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de proteínas de suero caseario y de harina de soja sobre los parámetros de calidad de galletitas dulces (*cookies*). A partir de los resultados obtenidos se define una formulación con un contenido y calidad proteica superior a las formulaciones comerciales y con aceptable calidad sensorial. Se utilizó una formulación de galletitas para molde rotativo, adaptable al sistema de laminación y corte en planta piloto. Sobre la base de esta formulación se realizó el reemplazo parcial de harina de trigo por concentrado proteico de suero caseario y harina de soja. Se utilizó el método de superficie de respuesta para analizar la influencia de estos factores sobre: proteína total, lisina disponible por 16 gramos de nitrógeno total, lisina disponible por 100 gramos de muestra, pérdida de lisina disponible durante el procesamiento y puntaje en evaluación sensorial. El incremento del contenido de agua en la formulación tuvo como efecto un aumento de los valores de lisina disponible por provocar un retardo en el desarrollo de la reacción de Maillard, siendo el 23% su óptimo de utilización. Los valores óptimos de reemplazos con harina de soja y concentrado proteico de suero caseario (CPSC) fueron de 13% y 3% respectivamente. Se concluye que la incorporación de harina de soja en galletitas dulces permite un aumento tanto del contenido proteico como de la calidad de la proteína resultante, mientras que, el agregado de CPSC produce un aumento del contenido proteico pero genera una importante disminución de la calidad de estas proteínas debido a la pérdida de disponibilidad de lisina.

Palabras clave: Galletitas dulces, nutrición, lisina disponible, harina de soja, concentrado proteico de suero caseario, reacción de Maillard.

INTRODUCCION

Una de las herramientas utilizadas para combatir los efectos de la malnutrición en niños ha sido el desarrollo de alimentos de consumo masivo con propiedades nutricionales mejoradas mediante el agregado de ingredientes de alto valor nutricional (1).

A pesar de no ser un alimento principal en la dieta, las galletitas dulces (*cookies*) ofrecen características que las hacen atractivas como medio de fortificación. Estas son su larga vida útil que permite la producción y distribución a gran escala y su alto grado de aceptabilidad, principalmente por parte de los niños (2,3).

SUMMARY. **Effect of increased protein content on nutritional and sensory quality of cookies.** The objective of this work was to study the effect of soy flour and whey protein concentrate (WPC) on cookies quality. An optimal recipe showing improved protein quality and content as well as acceptable sensory quality was defined taking into account the results obtained. Rotary moulded cookie formulation adaptable to lamination and cutting in pilot plant was used. Wheat flour from this formulation was partially replaced by whey protein concentrate and full fat soy flour. Second order models were employed to generate response surfaces for: total protein, lysine by 16 grams of total nitrogen, lysine by 100 grams of sample, loss of lysine during processing and sensory evaluation of cookies. We could obtain an effect on available lysine value when water content was increased in the formulation because a delay in the Maillard reaction. The optimal formulation contains 13% of full fat soy flour, 3% of whey protein concentrate and 23% of water. The results demonstrated that the protein content and the protein quality of the supplemented flours were increased when soy flour was added in the formulation of cookies. On other hand, protein content was increased but protein quality was decreased when WPC was used, because of available lysine loss.

Key words: Cookies, nutrition, available lysine, soy flour, whey protein concentrate, Maillard reaction.

La incorporación de harina de soja en galletitas dulces como forma de mejorar la calidad proteica de la harina de trigo ha sido estudiada ampliamente. Singh y Mohamed (4) encontraron que la incorporación de harina de soja en galletitas dulces destinadas a dietas bajas en carbohidratos producía una evidente mejora en la calidad nutricional sin afectar la dureza y la actividad de agua de las mismas. Además, se considera que por su elevado contenido en lisina es adecuada para la suplementación de harina de trigo (5,6).

El agregado de derivados proteicos de soja en galletitas dulces ha dado como resultado una reducción de su diámetro y un aumento de su espesor respecto al testigo (2,5,7) así como una masa más seca y desgranable que la utilizada como testigo (7).

El agregado de emulsionantes (2) o lecitina de soja (5) redujo el efecto negativo de los derivados de soja sobre las galletitas.

El Concentrado Proteico de Suero Caseario (CPSC) se obtiene concentrando proteínas a través de distintos métodos, de los cuales la ultrafiltración es el más utilizado. Este producto está constituido por proteínas, lactosa, sales y una pequeña cantidad de lípidos. La utilización de CPSC en la masa de galletitas dulces produce un incremento en el diámetro de las mismas y una coloración más oscura (8). Por su parte, Kadharmestan et al (9) obtuvieron similares resultados utilizando el CPSC sin tratamiento alguno. Sin embargo con la utilización de ese mismo CPSC pero sometido a tratamiento térmico encontraron que produce una reducción en el diámetro de las galletitas elaboradas.

La principal causa de daño nutricional en proteínas, durante el almacenamiento y el procesamiento de alimentos, es tal vez la reacción de Maillard (10,11,15). Hay evidencias que indican que el deterioro en el valor nutricional de la proteína afectada por la reacción de Maillard se debe fundamentalmente a la pérdida de disponibilidad de la lisina (12).

Durante la cocción de galletitas se dan una serie de condiciones que favorecen la reacción de Maillard: tratamiento térmico severo, un producto de poco espesor que permite la penetración del calor a toda la masa del producto, bajo contenido de humedad, pH neutro o levemente alcalino y presencia de proteínas. Hurrell y Finot (13) consideran sin embargo que la reacción de Maillard no tiene lugar en productos cuyas formulaciones no incluyen azúcares reductores ya que la sacarosa no parece invertirse en mayor grado durante el horneado.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de concentrado proteico de suero caseario y de harina de soja sobre los parámetros de calidad de galletitas dulces. A partir de los resultados obtenidos se define una formulación para la elaboración de galletitas dulces (*cookies*) con un contenido y calidad proteica superior a las formulaciones comerciales y con una aceptable calidad sensorial.

MATERIALES Y METODOS

Materias primas

Las galletitas se elaboraron con harina de variedad trigo pan debido a que en la República Argentina no se cultivan variedades de trigo blando (*soft*) (14). Se utilizó además CPSC comercial obtenido por ultrafiltración y secado en *spray*; huevo entero deshidratado y harina de soja entera enzimáticamente activa (la actividad ureásica de la harina de soja fue de 1,86 unidades de pH). La Tabla 1 muestra los valores de contenido de proteína total, humedad y lisina disponible de los ingredientes que realizan aporte proteico a las galletitas elaboradas.

TABLA 1

Humedad, proteínas y lisina disponible en materias primas

	Humedad g / 100 g	Proteínas (*)	Lisina disponible g/16 g N
Harina de trigo	13.3	12.1	2,74
Harina de soja	8.9	35.1	6,38
Huevo deshidratado	2.3	51.2	6,11
CPSC	4.1	41.2	8,17

(*) N x 6.25

Además se utilizaron los siguientes ingredientes: Azúcar comercial, oleomargarina P.F 36°C (CALSA), bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio (Merck).

Formulación y proceso de elaboración

Se utilizó una formulación de galletitas para molde rotativo adaptable al sistema de laminación y corte en planta piloto, debido a que la elaboración de este tipo de galletita es más económica por utilizar una baja cantidad de azúcar y de materia grasa (*shortening*).

Se utilizó como base la formulación propuesta por Gaines y Tsen (16) sobre la cual se realizaron modificaciones a fin de adaptarla a las condiciones de trabajo. La formulación testeada fue: harina de trigo (200g), azúcar (68g), oleomargarina (45g), huevo deshidratado (10g), bicarbonato de sodio (1g) bicarbonato de amonio (1g) y agua variable. Sobre la base de esta formulación se realizó el reemplazo parcial de harina de trigo por concentrado proteico de suero caseario y harina de soja, de forma tal que la suma total sea de 200 gramos en cada experiencia.

Las galletitas se elaboraron según el siguiente procedimiento: Se colocan todos los ingredientes sólidos en el equipo Do-Corder Brabender, se incorporan bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio disueltos en el agua y se amasa durante 5 minutos a 30 rpm. Se lamina la masa sobre una tabla provista de dos planchuelas de aluminio de 2 mm de espesor en los costados, utilizando un rodillo, luego se deja en reposo durante 1 minuto y se corta con un molde metálico de 6 cm de diámetro. Se colocan las piezas en bandeja metálica perforada previamente lubricada con oleomargarina y se cocinan en horno rotativo sin vapor durante 8 minutos a una temperatura de 220°C. Se retiran las galletitas del horno y se dejan enfriar hasta que alcancen temperatura ambiente luego se envasan en bolsas de polipropileno bilaminado, las que luego son selladas con calor. Las muestras envasadas, se conservan a temperatura ambiente y al abrigo de la luz.

Diseño experimental.

Se utilizó el método de superficie de respuesta para analizar la influencia de los factores sobre cada una de las respues-

tas evaluadas. Los tres factores analizados fueron: Contenido de Harina de Soja (S), expresado como porcentaje de harina de trigo reemplazada por harina de soja, Contenido de CPSC (C), expresado como porcentaje de harina de trigo reemplazada por concentrado proteico de suero caseario y Contenido de Agua (A), expresado como porcentaje de agua en la formulación, tomando como base 100 la mezcla harina de trigo-harina de soja-concentrado proteico de suero.

Las tres variables codificadas: X_1 (Contenido de harina de soja), X_2 (Contenido de CPSC) y X_3 (Contenido de agua) fueron obtenidas según las siguientes ecuaciones:

$$X_1 = 2*(S - 7,5)/ 8,92; \quad X_2 = 2*(C - 7,5)/ 8,92; \quad X_3 = 2*(A - 22,5)/6$$

Se midieron las siguientes respuestas: Contenido de proteína total (P), Contenido de lisina disponible por 16 gramos de nitrógeno total (LDN), Contenido de lisina disponible por 100 gramos de muestra (LDM), Pérdida de lisina disponible durante el procesamiento (PLD), y Puntaje total en evaluación sensorial (PES).

Se seleccionó un Diseño Central Compuesto formado por un diseño factorial 2^3 con el agregado de seis puntos axiales adicionales cuyos valores se seleccionaron de forma tal de obtener un diseño rotacional. (17,27). Se hicieron seis repeticiones del punto central. Se realizó análisis de variancia (ANOVA) para verificar el nivel de significación estadística de cada uno de los factores. Se calculó el coeficiente de determinación y se realizó además la prueba de Fisher para determinar la falta de ajuste (18).

Determinaciones químicas

La determinación del contenido total de proteínas en los ingredientes y en las galletitas se realizó en un equipo LECO modelo FP-328. La actividad ureásica en la harina de soja entera y en las galletitas elaboradas se determinó según el método AACC N° 22-90 (19). El contenido de lisina disponible se determinó según el método de Carpenter modificado por Booth (20). La pérdida de lisina disponible por cada 16 gramos de nitrógeno se calculó según la siguiente fórmula: $PLD = 100 * (Li - Lf) / Li$, donde Li y Lf son el contenido inicial y final de lisina disponible por cada 16 gramos de nitrógeno.

Evaluación sensorial

Se evaluaron las características sensoriales de las galletitas con asignación de puntaje a través de un panel integrado por tres jueces expertos en evaluación de calidad de productos horneados. Se realizó una reunión previa con los miembros del panel, para unificar los conceptos de cada uno de los

atributos sensoriales de modo de establecer las pautas para el otorgamiento de los puntajes. Las muestras fueron entregadas al panel en secuencia aleatoria y codificadas, de forma que ninguno de los miembros supiera a que punto del diseño correspondía cada muestra. El panel asignó a cada muestra un puntaje en la escala de 0 a 100, suma de cada uno de los atributos sensoriales. Los puntajes máximos asignados a cada uno de ellos son:

- Color (10 puntos): El color levemente tostado y homogéneo es el máximo.
- Estructura (10 puntos): Se considera óptima una estructura con presencia de láminas o capas.
- Base (10 puntos): Superficie inferior, con color homogéneo y sin ondulaciones.
- Superficie (10 puntos): Es la parte superior del producto y no debe presentar ampollas.
- Levantamiento (10 puntos): Es el espesor de la galletita, apreciado por el evaluador.
- Fragilidad (10 puntos): Es la sensación percibida al romper una galletita con las manos.
- Masticabilidad (15 puntos): Sensación percibida al masticar.
- Sabor (25 puntos): Presencia de sabores específicos otorgados por los ingredientes utilizados.

RESULTADOS

Los valores de las respuestas analizadas son presentados en la Tabla 2. Los resultados de los análisis de variancia (ANOVA) para cada respuesta pueden observarse en la Tabla 3. La prueba de Fisher para la falta de ajuste dio un resultado no significativo ($p > 0,05$) para todas las respuestas. La Tabla 4 muestra los valores de los coeficientes correspondientes a las ecuaciones de segundo grado.

DISCUSION

Se debe destacar que si bien el huevo deshidratado participa como ingrediente en la formulación, su aporte en proteínas y lisina es constante en todos los ensayos experimentales. Por lo tanto, en esta discusión sólo se considera el efecto de aquellos ingredientes que son variables del sistema: harina de soja, concentrado proteico de suero caseario y agua.

TABLA 2

Variables experimentales codificadas y respuestas de: Contenido de proteína total (P), Contenido de lisina disponible por 16 g de nitrógeno total (LDN), Contenido de lisina disponible por 100 g de muestra (LDM), Pérdida de lisina disponible durante el procesamiento (PLD), Puntaje total en evaluación sensorial (PES)

Variables Codificadas			Respuestas				
X ₁	X ₂	X ₃	P (%)	LDN (g/16 g N)	LDM (g/100 g m)	PLD (%)	PES
-1	1	-1	11.68	2.7	0.32	47.37	69
0	0	1.68179	11.81	3.97	0.47	19.46	67
0	0	0	12.01	3.36	0.4	31.85	83
-1	-1	1	10.29	3.65	0.38	15.38	70
0	0	0	11.82	3.6	0.43	26.98	87
-1	1	1	12.30	3.33	0.41	35.09	83
0	1.68179	0	13.06	3.27	0.43	40.4	82
0	0	0	11.58	3.44	0.4	30.22	87
-1.68179	0	0	10.66	3.29	0.35	28.78	79
1.68179	0	0	12.81	3.75	0.48	27.8	76
0	-1.68179	0	10.62	3.95	0.42	6.69	70
0	0	0	11.60	3.18	0.37	35.5	91
1	1	1	13.17	3.27	0.43	39.61	81
1	-1	-1	11.79	3.75	0.44	20.72	75
0	0	0	11.67	3.34	0.39	32.25	93
1	1	-1	13.62	3.11	0.42	42.56	81
0	0	-1.68179	11.91	3.08	0.37	37.52	79
0	0	0	11.98	3.46	0.41	29.82	92
-1	-1	-1	10.60	3.03	0.32	29.76	70
1	-1	1	11.62	4.05	0.47	14.38	73

TABLA 3

Resultado de Análisis de Variancia (ANOVA) para: Contenido de proteína total (P), Contenido de lisina disponible por 16 g de nitrógeno total (LDN), Contenido de lisina disponible por 100 g de muestra (LDM), Pérdida de lisina disponible durante el procesamiento (PLD), Puntaje total en evaluación sensorial (PES)

Factor	P	LDN	LDM	PLD	PES
S (Harina de soja)	145.31***	14.42**	52.29***	1.04ns	0.59ns
C (CPSC)	202.99***	29.59***	0.03ns	144.02***	7.44*
A (Agua)	0.42ns	29.46***	22.29**	31.83***	0.23ns
S.S	0.00 ns	0.00ns	0.01ns	0.02ns	10.38**
S.C	0.26ns	2.90ns	2.40ns	1.17ns	0.02ns
S.A	2.68ns	3.05ns	3.59ns	3.73ns	1.52ns
C.C	0.49ns	0.62ns	0.57ns	4.65ns	13.4**
C.A	1.31ns	0.08ns	0.03ns	0.37ns	1.52ns
A.A	0.70ns	0.01ns	0.19ns	0.01ns	20.61**
Modelo	42.11***	8.98***	9.04***	20.76***	6.19**
Falta de Ajuste	1.25ns	1.59ns	1.11ns	1.49ns	1.88ns

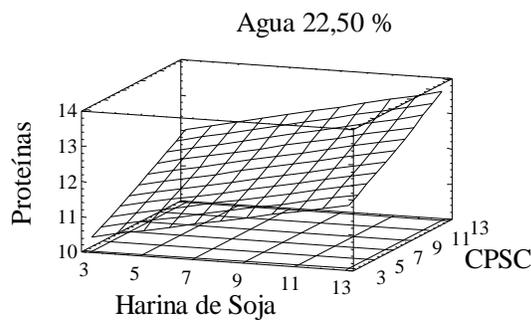
ns: No significativo, * Significativo al 5%, ** Significativo al 1%, *** Significativo al 0,1%

Proteína total

Los componentes lineales del porcentaje de harina de soja y del porcentaje de CPSC, tienen significación estadística a un nivel de $p < 0,001$. Puede observarse que el contenido de proteína se incrementó de manera lineal a medida que se aumenta el contenido de harina de soja y de CPSC (Figura 1). Este comportamiento es coherente con el hecho de que se están incorporando a la formulación cantidades crecientes de materias primas de elevado contenido proteico.

FIGURA 1

Contenido de proteínas total de galletitas dulces (*cookies*) en función de los porcentajes de harina de soja y de concentrado proteico de suero caseario para 22.50% de agua

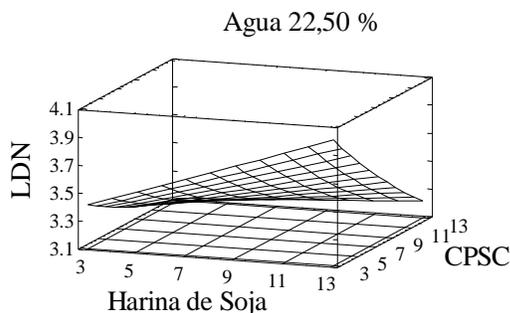


Lisina disponible por cada 16 gramos de nitrógeno

Los componentes lineales de los tres factores poseen una influencia altamente significativa sobre LDN. Por el contrario, los efectos de los componentes cuadráticos e interacciones no fueron significativos. El aumento del nivel de harina de soja y de agua producen un incremento del contenido de lisina disponible por cada 16 gramos de nitrógeno. Por el contrario, la incorporación de una cantidad creciente de CPSC genera una disminución lineal en el nivel de esta respuesta (Figura 2).

FIGURA 2

Contenido de lisina disponible por 16 gramos de nitrógeno en función del contenido de harina de soja y concentrado proteico de suero caseario para un nivel de agua de 22.50%

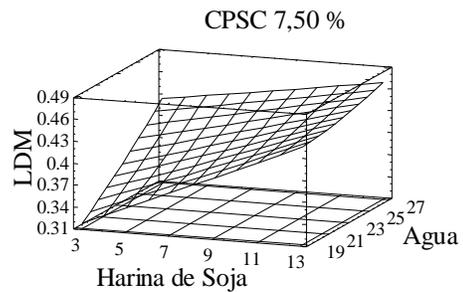


Lisina disponible por 100 gramos de muestra

Los componentes lineales de las variables harina de soja y contenido de agua son significativos a nivel $p < 0,01$. Por otro lado, el contenido de CPSC resultó ser un factor no significativo. Estos resultados muestran que un incremento de los contenidos de harina de soja y agua producen un aumento casi lineal de la respuesta evaluada (Figura 3). Por otro lado, la incorporación de cantidades crecientes de CPSC no produce una variación significativa de esta respuesta.

FIGURA 3

Contenido de lisina disponible por 100 gramos de muestra en función del contenido de harina de soja y contenido de agua para un nivel de concentrado proteico de suero caseario de 7,50%

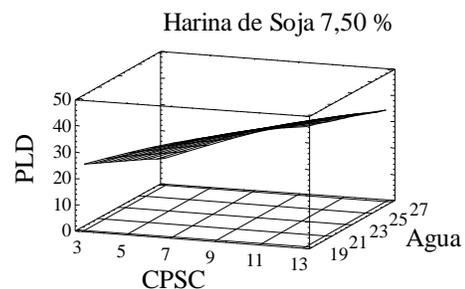


Pérdida de lisina disponible

El ANOVA muestra que los factores correspondientes al porcentaje de CPSC utilizado como reemplazo de harina de trigo y el contenido de agua son significativos a nivel $p < 0,001$. Por otro lado, el efecto del contenido de harina de soja no es significativo. La incorporación de CPSC en la formulación de galletitas produce un aumento importante de la pérdida de Lisina disponible durante el procesamiento. La incorporación de cantidades crecientes de agua produce una disminución de esta respuesta (Figura 4).

FIGURA 4

Pérdida de lisina disponible en función del contenido de concentrado proteico de suero caseario y del contenido de agua para un nivel de harina de soja de 7,50%.



El análisis del efecto de cada uno de los factores estudiados sobre las respuestas LDN, LDM y PLD nos permite inferir lo siguiente:

1. La harina de soja incorporada en cantidades crecientes en la formulación de galletitas dulces (*cookies*) produce un aumento del nivel de lisina disponible tanto por 16 g de nitrógeno como por 100 g de muestra. A su vez, este factor no posee influencia significativa en el nivel de deterioro de la calidad proteica durante el proceso de elaboración, evaluado a través de PLD.
2. El CPSC produce una disminución significativa de la calidad proteica de las galletitas dulces, evaluada a través de Lisina disponible por 16 gramos de nitrógeno. También se verifica que el aumento del contenido de CPSC produce un efecto altamente significativo en la pérdida de lisina disponible, pero no tiene una influencia significativa sobre la Lisina disponible expresada por 100 gramos de muestra.
3. La correlación positiva entre el contenido de CPSC y la pérdida de Lisina disponible era esperable dado el elevado contenido de lactosa (45%-48%) del CPSC utilizado en estas experiencias. La incorporación de un azúcar reductor como la lactosa aporta uno de los reactivos necesarios para el desarrollo de la reacción de Maillard.
4. El aumento del contenido de agua produce un incremento significativo del contenido de lisina disponible, expresado tanto a través de LDN como de LDM; produciendo además una disminución significativa del deterioro de la calidad proteica estimado a través de la PLD. La relación entre el contenido de agua y la pérdida de lisina disponible mostrada por el modelo permite suponer que el agregado de agua en la formulación produce una disminución de la PLD al afectar la reacción de Maillard durante el horneado. Los antecedentes bibliográficos indicarían que esta influencia puede darse a través de dos mecanismos:

- a) La actividad de agua, directamente relacionada con la humedad, tiene una influencia significativa en el desarrollo de esta reacción (21,22). Jokinen et al (23) reportaron que la dependencia de la pérdida de lisina disponible con la actividad de agua se da a través de una función cuadrática. El máximo de pérdida de lisina disponible se produce en valores de actividad de agua entre 0,65 y 0,70. En el estudio de Piazza y Massi (24) sobre modificaciones reológicas y desarrollo de color en el horneado de galletitas dulces (*cookies*) se reporta que el pardeamiento se observa cuando la actividad acuosa alcanza un valor aproximado de 0,7. De acuerdo a estos antecedentes, se puede estimar que el agregado de cantidades crecientes de agua provocaría que la masa de galletita durante la cocción necesite más tiempo para alcanzar el valor de actividad de agua correspondiente

a una velocidad máxima de la reacción de Maillard.

- b) La modificación del perfil de temperatura de la galletita en función del tiempo de cocción. Un mayor contenido de agua haría necesario más tiempo para que la temperatura de la superficie de la galletita alcance el valor al cual la reacción de pardeamiento se acelera. Broyart et al (25) analizaron la cinética del pardeamiento en galletitas durante el horneado. Los resultados de este trabajo indican que el pardeamiento medido como disminución de color (*lightness*) no se produce hasta que la temperatura del producto no alcanza un valor crítico que se encuentra entre 100°C y 110°C. Chevallier et al (26) reportaron que la disminución de la concentración de azúcares reductores en la superficie de galletitas durante el horneado se produce cuando la temperatura del producto alcanza los 95°C.

Evaluación sensorial

Los componentes cuadráticos de los factores analizados son altamente significativos, o sea a nivel $p < 0,01$, mientras que el término lineal del contenido de CPSC es sólo significativo a nivel $p < 0,05$. Por su parte, los componentes lineales de las variables, contenido de harina de soja y contenido de agua, son no significativos. Tampoco tienen un efecto significativo los productos cruzados que representan las interacciones lineales entre los factores (Tabla 4).

TABLA 4

Coefficientes de las ecuaciones de segundo grado para: Contenido de proteína total (P), Contenido de lisina disponible por 16 g de nitrógeno total (LDN), Contenido de lisina disponible por 100 g de muestra (LDM), Pérdida de lisina disponible durante el procesamiento (PLD), Puntaje total en evaluación sensorial (PES)

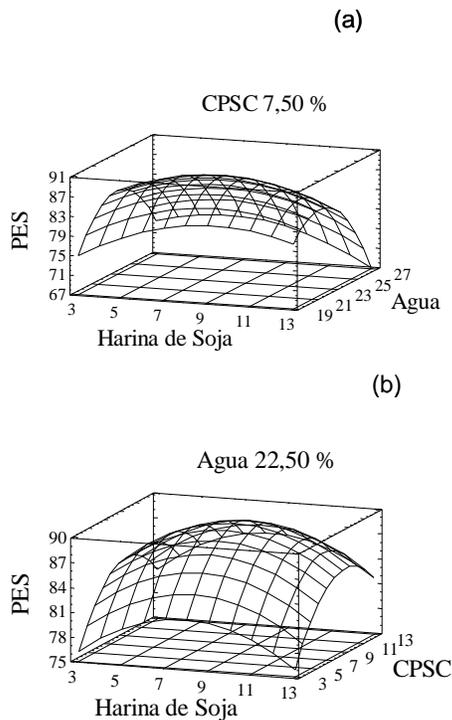
Coefficiente	P	LDN	LDM	PLD	PES
β_0	11.74	0.401	3.403	30.971	88.815
β_1	0.655	0.040	0.164	-0.877	0.948
β_2	0.774	-0.001	-0.235	10.331	3.382
β_3	-0.035	0.0262	0.235	-4.856	-0.060
β_{11}	0.000	0.001	0.001	-0.130	-3.889
β_{12}	0.036	-0.012	-0.096	1.219	0.2500
β_{13}	-0.116	-0.013	-0.099	2.171	-2.000
β_{22}	0.037	0.004	0.033	-1.808	-4.419
β_{23}	0.081	0.001	-0.016	0.686	2.000
β_{33}	0.044	0.002	0.003	-0.595	-5.480

El análisis de las gráficas de superficie de respuesta permite observar que existe un punto dentro del dominio experimental para el cual el valor de la respuesta se maximiza (Figuras 5a y 5b). Los niveles de los factores que maximizan la respuesta de la evaluación sensorial son: Contenido de Harina

de Soja (S): 8.57%; Contenido de CPSC (C): 11,06 %; Contenido de Agua (A): 22,84%. El valor de puntaje máximo de la respuesta es de 89,55.

FIGURA 5

Puntaje de las galletitas dulces (*cookies*) en la evaluación sensorial a) en función del contenido de harina de soja y de agua para un nivel de CPSC 7,50% y b) en función del contenido de harina de soja y CPSC para un nivel de agua de 22,50%



Verificación de los modelos obtenidos

Para obtener una formulación que aporte la máxima cantidad posible de proteínas de buena calidad y que sea también aceptable desde el punto de vista sensorial, siempre dentro del dominio experimental, se tuvieron en cuenta los resultados de las propiedades nutricionales tales como contenido proteico y lisina disponible por un lado, y el resultado de la evaluación sensorial por el otro. De acuerdo a esto, la formulación utilizada experimentalmente para verificar el modelo de predicción se definió con un valor bajo de CPSC y alto de harina de soja. Estos valores de las variables fueron: Contenido de harina de soja: 13%, Contenido de CPSC: 3% y Contenido de agua: 23%.

Los valores experimentales fueron: P (11.5), LDN (3.97), LDM (0.46), PDL (11.07), PES (75.0) que se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95% en el modelo de predicción. Teniendo en cuenta que los valores experimentales se

encuentran dentro de los rangos de confianza estimados para cada modelo se puede concluir que los modelos seleccionados permiten predecir adecuadamente los valores de las respuestas.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista nutricional se puede concluir que la incorporación de harina de soja en la elaboración de galletitas dulces (*cookies*) permite un aumento tanto del contenido proteico como de la calidad de la proteína resultante en las galletitas; mientras que, el agregado de CPSC permite un aumento del contenido proteico pero genera una importante disminución de la calidad proteica debido a la pérdida de disponibilidad de lisina.

Por su parte, el aumento del contenido de agua en la formulación tiene como efecto un incremento de los valores LDN, LDM y una disminución de PLD a causa de provocar un retardo en el desarrollo de la reacción de Maillard.

Finalmente, se obtiene una formulación con un reemplazo de 13% de harina de soja y 3% de CPSC trabajando con un 23% de agua. Esta fórmula permite obtener un producto con un contenido proteico (N x 6,25) de 11,5%. El producto contiene 4,02 gramos de lisina disponible por 16 gramos de nitrógeno, lo que representa un aumento del 46% respecto al contenido de lisina disponible de la harina de trigo utilizada y da lugar a un cómputo químico de 90% si se considera que la lisina es el aminoácido limitante en esta mezcla proteica. El valor de actividad ureásica fue menor a 0,3 unidades de pH. Un puntaje de 75 fue otorgado por el panel a los atributos sensoriales, lo que corresponde a una calificación de "bueno".

REFERENCIAS

1. Sánchez HD, Osella CA, de la Torre MA, González RJ y Sbodio OA. Estudio nutricional relativo a proteínas, energía y calcio en niños que concurren a comedor escolar. Arch Latinoamer Nutr. 1999; 49 (3):218-222.
2. Tsen CC, Peters EM, Schaffer T and Hoover JM. High protein cookies. I Effect of soy fortification and surfactants. The Bakers Digest. 1973; 47:34-38.
3. Warren AB, Hnat DL and Michnowski J. Protein fortification of cookies, crackers and snack bars: Uses and Needs. Cereal Food World. 1983; 28 (8): 441-444.
4. Singh M, Mohamed A. Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 2007; 40: 353-360
5. Kissel LT and Yamasaki WT. Protein enrichment of cookie flours with wheat gluten and soy flour derivatives. Cereal Chem. 1975; 52: 638-649.
6. Cheftel JC, Cuq JL and Lorient D. Proteínas Alimentarias. Ed. Acibia. España. 1989.
7. McWatters, K.H. Cookie baking properties of defatted peanut, soybean and field pea flour. Cereal Chem. 1978; 55 (6): 853-863.

8. Kulp K. Functionality of Ingredients in Cookie Systems. Cap. 10. En "Cookie Chemistry and Technology". Editado por K. Kulp. Publicado por The American Institute of Baking. Kansas, E.E.U.U.1994.
9. Kadharmestan C, Baik B and Czuchajowska Z. Whey Protein Concentrate Treated with Heat or High Hydrostatic Pressure in Wheat-Based Products. *Cereal Chem.* 1998; 75: 762 -766.
10. Whistler RL and BeMiller JN. Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. Cap.2 Eagan Press. St.Paul, Minnesota.1999.
11. Ameer LA, Trystram G and Birlouez-Aragon I. Accumulation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the baking process: Validation of an extraction method. *Food Chem.* 2006; (98): 790-796.
12. Bender AE. Food Processing and Nutrition. Academic Press. Londres.1978.
13. Hurrell RF and Finot PA. Effect of Food Processing on Protein Digestibility and Aminoacid Availability. Cap 8. En "Digestibility and Aminoacid Availability in Cereals and Oilseeds" Editado por J.W. Finley y D.T. Hopkins. A.A.C.C. Minnesota USA.1985.
14. Robutti JL, Borrás F, Sánchez HD, Osella CA y de la Torre MA. Evaluación Tecnológica y Bioquímica de Líneas de Trigo para Producción de Galletitas Crujientes (Crackers). *Información Tecnológica.* 1998; 9(3): 113-122. La Serena, Chile.
15. Lehmann TA, Zeak JA and Strous BL. Technological Processes and Problems in Cookie Production. Cap. 11. En "Cookie Chemistry and Technology". Editado por K. Kulp. Publicado por The American Institute of Baking. Kansas, E.E.U.U.1994.
16. Gaines CS and Tsen CC. A Baking Method to Evaluate Flour Quality for Rotary Molded Cookies. *Cereal Chem.* 1980; 57 (6): 429-433.
17. Cochram WG and Cox GM. Diseños Experimentales. Editorial Trillas. México. 1991.
18. Gacula MC and Jagbir S. Statistical methods in food and consumer research. Cap 4 y 7. Academic Press. London.1984.
19. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists. St.Paul Min. 1994.
20. Booth VH. Problems in the determination of FDNB-available lysine. *J.Food Sci. Agr.* 1971; 22 (12): 658-666.
21. Eskin M. Biochemistry of Foods. 2ª Ed.- Cap 5. Academic Press. Inc. San Diego, USA.1990
22. Bates L, Ames JM, McDougall DB and Taylor PC. Laboratory reaction cell to model Maillard color development in a starch-glucose-lysine system. *J. Food Sci.* 1998; 63 (6): 991-996.
23. Jokinen JE, Reineccius GA and Thompson DR. Losses in available lysine during thermal processing of soy protein model systems. *J. Food Sci.* 1976; 41: 816-820.
24. Piazza L and Masi P. Development of crispness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chem.* 1997;74 (2) 135-140.
25. Broyart B, Trysman G and Duquenoy A. Predicting colour kinetics during cracker baking. *J. Food Engineering.* 1998;35: 351-368.
26. Chevallier S, Della Valle G, Colonia P, Broyart B and Trysman G. Structural and chemical modifications of short dough during baking. *J. Cereal Sci.* 2002;35: 1-10.
27. Montgomery DC. Diseño y Análisis de Experimentos. Cap. 16. Grupo Editorial Iberoamérica. México.1991.

Recibido: 20-02-2007

Aceptado: 13-11-2008