



Optimización de la aceptabilidad general mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao

Optimization of the general acceptability through affective tests and response surface methodology of a dry cacao powder mixture based beverage

Elena Chau Loo Kung^{1, 2, *}, Alfonso Tesén Arroyo², Jenny Valdez Arana³

¹ Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Av. Panamericana Norte 855, Chiclayo, Perú.

² Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Juan XXIII 391, Lambayeque, Perú.

³ Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n. La Molina, Lima, Perú.

Recibido 28 febrero 2013, aceptado 24 agosto 2013

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal optimizar la aceptabilidad general mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao. Se obtuvieron formulaciones de mezclas de polvo de cacao con diferentes concentraciones del 15%, 17,5% y 20%, así mismo con concentraciones de lecitina de 0,1%; 0,3%; y 0,5% manteniendo constante el contenido de azúcar (25%), vainillina (1%) que incluyeron al polvo de cacao con diferente valor de pH: natural (pH 5) y alcalinizado (pH 6,5 y pH 8) y agua por diferencia al 100%, generándose un total de quince tratamientos a evaluar, según el diseño Box-Behnken para tres factores. Los tratamientos fueron sometidos a pruebas de grado de satisfacción para establecer la aceptabilidad en general. El tratamiento que incluía polvo de cacao al 17,5% de concentración, pH 6,5 y una concentración de lecitina de 0,3% obtuvo los mejores niveles de aceptabilidad. Se utilizó el programa Statgraphics Plus 5.1 para obtener el tratamiento con máxima aceptabilidad que correspondió a polvo de cacao a pH 6,81, con una concentración de 18,24% y lecitina de soya en un 0,28% con tendencia a lo obtenido en las pruebas de grado de satisfacción. Finalmente se caracterizó fisicoquímicamente y microbiológicamente a la formulación óptima así mismo se le evaluó sensorialmente obteniendo una aceptabilidad de 6,17.

Palabras claves: aceptabilidad general, mezcla seca, polvo de cacao, superficie de respuesta.

Abstract

This research work had as main objective optimizing the general acceptability through affective tests and response surface methodology of a dry cacao powder mixture based beverage. We obtained formulations of mixtures of cacao powder with different concentrations of 15%, 17.5% and 20%, as well as lecithin concentrations of 0.1%; 0.3%; and 0.5% maintaining a constant content of sugar (25 %), Vanillin (1%) that included cacao powder with different pH values: natural (pH 5) and alkalinized (pH 6.5 and pH 8) and water by difference to 100%, generating a total of fifteen treatments to be evaluated, according to the Box-Behnken design for three factors. The treatments underwent satisfaction level tests to establish the general acceptability. The treatment that included cacao powder with a concentration of 17.5 %, pH 6.5 and lecithin concentration of 0.3 % obtained the best levels of acceptability. The software Statgraphics Plus 5.1 was used to obtain the treatment with maximum acceptability that corresponded to cacao powder with pH 6.81, with a concentration of 18.24 % and soy lecithin in 0.28% with a tendency to what was obtained in the satisfaction levels tests. Finally we characterized in a physical-chemistry and microbiological way the optimum formulation as well as evaluated sensitively obtaining an acceptability of 6.17.

Keywords: general acceptability, dry mixture, cacao powder, response surface.

* Autor para correspondencia

Email: egchau@yahoo.com (E. Chau)

1. Introducción

Es un hecho que la exigencia del consumidor actual por nuevos y mejores productos alimenticios, junto con la rapidez con que se producen los cambios de gustos y preferencias, genera una permanente necesidad de innovar en el desarrollo de productos. Esta necesidad de innovación va más allá de la inocuidad de los alimentos y contempla también la calidad sensorial. La industria alimentaria, por lo tanto, debe responder a estas exigencias optimizando la calidad sensorial de sus productos, lo que se traduce en maximizar el valor de la aceptación del alimento obtenido a partir de unos ingredientes determinados, sin que ello suponga un coste excesivo de la producción (Witting de Pena y Villaroel, 2001).

El mercado de los productos del cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los más importantes en el ámbito de la industria alimentaria local y mundial (PDA-MINAG, 2004). Tiene su base en las semillas de esta especie, de las que a su vez se obtienen productos de gran demanda como insumos industriales tales como el polvo de cacao o la manteca de cacao de los cuales se elabora el chocolate. En tal sentido una variedad siempre creciente de alimentos contiene o está hecho a base a polvo de cacao. La calidad de este insumo dependerá del cuidado y destreza con la que se procesan las almendras del cacao después de la recolección, fermentación, secado, tostado y desgrasado parcial por retiro de la manteca (Pezo, 1998). Este polvo fino presenta el problema de no tener una buena dispersabilidad en agua, pues precipita o simplemente no se disuelve por completo. Una de las medidas efectivas para remediar dicha situación es la alcalinización que permite modificar la dispersabilidad, sabor y color del polvo de cacao provocando un color más oscuro (dependiente del grado de alcalinización) y un sabor más suave y menos mordiente que la cocoa natural.

Cuando el polvo de cacao es altamente alcalino (pH 8,5) produce un perfil de sabor más intenso y un aspecto más oscuro que el obtenido directamente por molienda del grano, el cual se ajusta a la percepción del consumidor para chocolate negro.

El polvo de cacao ligeramente alcalino (pH alrededor de 7) produce un perfil de sabor más ligero, parecido al del chocolate con leche (Groot, 2004). El polvo de cacao es parcialmente soluble en agua y lo mismo ocurre con la leche, pues tiene un alto contenido de agua. Para mejorar la solubilidad o humectabilidad, se suele hacer uso de emulsificantes como la lecitina o monodestilados y diglicéridos, que transforman el polvo hidrofóbico en hidrofílico. La capacidad dispersora del polvo de cacao puede también mejorarse si es usado en conjunción con ingredientes como el azúcar en mezclas secas, recubriendo las partículas de azúcar con polvo de cacao en un proceso llamado aglomeración. Esto evita que las partículas de azúcar y el polvo de cacao se dispersen por separado.

El polvo de cacao en mezclas secas no actúa de forma aislada (Groot, 2004). Su efecto en el producto final está intrínsecamente relacionado con su interacción con los otros ingredientes de la mezcla, tal es el caso del azúcar, lecitina de soya y vainillina.

En la formulación o proceso de producción de productos alimenticios es necesario analizar la influencia de más de una variable en su obtención. La formulación del producto mezcla a base de polvo de cacao requiere un enfoque multivariable, se recurre a la metodología de superficie respuesta como herramienta para la optimización de las variables anteriormente citadas (Choi *et al.*, 2002; Gonzáles *et al.*, 2000; Huor *et al.*, 1980).

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad optimizar la aceptabilidad general mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao.

2. Material y Métodos

Materia Prima

Se utilizó polvo de cacao (conocido como cocoa) obtenido de granos provenientes de la localidad de Jaén (Cajamarca, Perú) y procesada en una empresa como polvo natural y alcalinizado, lecitina de soya, vainillina y azúcar blanca.

Evaluación Sensorial

Se utilizó la metodología recomendada por Costell y Duran (1981), descrita a continuación:

a) Planteamiento: el objetivo al aplicar la prueba sensorial fue determinar la aceptabilidad a través del grado de satisfacción. La cantidad de muestra evaluada por tratamiento por los panelista, fue de 50 ml. La presentación fue en vasos descartables de plástico de 3 onzas transparentes, codificados con números de tres dígitos, además de un vaso con agua de mesa sin gas como vehículo de limpieza bucal. La temperatura de evaluación fue la del ambiente (20-24°C) (Anzaldúa-Morales, 1994).

b) Planificación: se empleó la prueba del grado de satisfacción (Anzaldúa-Morales, 1994) para evaluar el tratamiento óptimo con mayor aceptabilidad usando una escala hedónica de 9 niveles (1: me disgusta extremadamente y 9: me gusta extremadamente). La prueba afectiva empleada no requirió de panelistas entrenados, la selección de panelistas tuvo como requisito que fueran consumidores del tipo de producto. Además se empleó una encuesta de preselección (Zook y Wessman, 1977; Cross *et al.*, 1978) a partir de ella se conformó un grupo de 105 consumidores de ambos sexos de edades entre 18 y 30 años que pertenecían a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo, Lambayeque, Perú.

c) Realización: los aspectos ambientales, informativos y prácticos fueron en las condiciones de evaluación lo más parecidas a las que rodeaban a los consumidores grupo objetivo de la investigación para estudios de preferencia o aceptación (Costell y Durán, 1982).

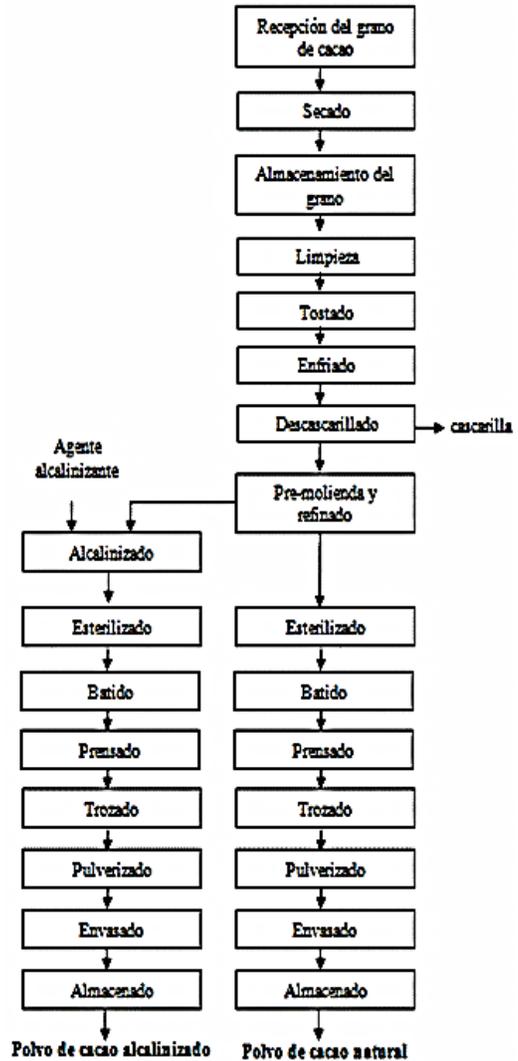


Figura 1. Diagrama de flujo en la obtención de polvo de cacao natural y alcalinizado.

Tabla 1

Variables Independientes, Códigos y Valores utilizados en la Optimización

Variable Independiente	Unidades	Símbolo	Código de Niveles		
			-1	0	1
Polvo de cacao por pH	pH	X1	5,0	6,5	8,0
Concentración de polvo de cacao	%	X2	15,0	17,5	20,0
Concentración de lecitina de soya	%	X3	0,1	0,3	0,5

Obtención del polvo de cacao

La metodología para la obtención del polvo de cacao (natural y alcalinizado) fue el empleado por la Empresa Conservas y Alimentos S.A. cuyo diagrama de flujo se presenta en la Figura 1.

Obtención de la formulación de la mezcla de polvo de cacao

La fórmula base de la mezcla incluyó polvo de cacao a tres pH (5,0; 6,5 y 8,0), concentración de polvo de cacao (15, 17,5 y 20%), concentración de lecitina de soya (0,1; 0,3 y 0,5%), azúcar 25%, y 1 vainillina %. Para la obtención de la bebida, las formulaciones de mezcla de polvo de cacao fueron reconstituidas con agua por diferencia del 100%, en función al diseño experimental Box Behnken.

Optimización de la formulación

Con el fin de optimizar la aceptabilidad de la bebida a partir de polvo de cacao se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta y mediante el diseño Box Behnken con tres factores (K=3) y tres niveles, codificados como X1, X2 y X3. Tabla 1. Se empleó un $\alpha = 0,05$. El diseño completo consistió en una matriz de datos que sirvió para ejecutar el Programa Statgraphics Plus 5.1.

3. Resultados y discusión

Los panelistas seleccionados organizados en 5 grupos de 21 participantes evaluaron 3 muestras de las 15 según el diseño de bloques incompletos balanceado aplicado. En la Tabla 2 se muestra los resultados de aceptabilidad de la prueba del grado de satisfacción de las bebidas a base de mezclas de polvo de cacao evaluadas. Se observa que el tratamiento con menor aceptabilidad en promedio (2,10) (polvo de cacao pH 5,0 al 15,0% y lecitina de soya 0,3%) equivalente al nivel me disgusta mucho, y el que obtuvo el mayor nivel de aceptabilidad en promedio (6,05) (polvo de cacao pH 6,5 al 17,5% y lecitina de soya 0,3%), equivalente al nivel me gusta

mucho. Ambos tratamientos presentaron el mismo nivel de lecitina de soya, el tratamiento 9 con niveles intermedios de pH y concentración evaluados, fue mejor aceptado, hecho que concuerda con lo establecido por (Groot, 2004), quien afirma que el sabor de una mezcla es de pendiente principalmente del pH y está menos influenciado por la concentración del polvo de cacao.

Las mezclas con polvo de cacao ligeramente alcalinizadas (pH 6,5) tienen un sabor suave, más ligero, parecido al de chocolate con leche, mientras que las mezclas con polvo de cacao (pH 5,0) tienen un sabor a cacao frutoso con notas ácidas, menos apetecible por los consumidores; las mezclas de polvo de cacao altamente alcalinizadas (pH 8) presentan un sabor a cacao y una amargura más pronunciados.

Tabla 2

Promedio de los resultados de la Prueba de aceptabilidad

Tratamiento	Aceptabilidad Suma Total	Aceptabilidad Promedio
1	44	2,10
2	54	2,57
3	55	2,62
4	75	3,57
5	83	3,95
6	88	4,19
7	125	5,95
8	126	6,00
9	127	6,05
10	113	5,38
11	100	4,76
12	91	4,33
13	96	4,57
14	86	4,10
15	81	3,86

Aplicando el Programa Statgraphics Plus 5.1 y por diseño Box Behnken, se generó el resultado del análisis de varianza (ANOVA) del modelo, el mismo que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Análisis de Varianza de la optimización de la aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao mediante superficie de respuesta

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
A:pH	0,4608	1	0,4608	333,91	0,0000
B:% Polvo de Cacao	0,11045	1	0,11045	80,04	0,0003
C:% Lecitina	0,0032	1	0,0032	2,32	0,1883
AA	0,777052	1	0,777052	563,08	0,0000
AB	0,112225	1	0,112225	81,32	0,0003
AC	0,001225	1	0,001225	0,89	0,3894
BB	0,0816981	1	0,0816981	59,2	0,0006
BC	0,009025	1	0,009025	6,54	0,0508
CC	0,0872827	1	0,0872827	63,25	0,0005
Error total	0,0069	5	0,00138		
Total (corr.)	1,57416	14			

Los resultados de aceptabilidad transformados con (\ln) , fueron evaluados estadísticamente a través de las pruebas paramétricas: Análisis de Varianza y Prueba de Duncan para comparar los tratamientos y determinar los mejores tratamientos. Los resultados indican que el tratamiento 9 (polvo de cacao pH 6,5 y 17,5% y lecitina de soya 0,3%), el de mayor aceptabilidad, puede considerarse estadísticamente igual a los tratamiento 7 y 8, y dichos tratamientos presentaron la misma formulación.

El análisis de varianza para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la mezcla seca de polvo de cacao expresa que el pH y la concentración de polvo de cacao tiene un efecto significativo en la maximización de la aceptabilidad sensorial del producto (valor-p de 0,0000 y 0,0003, respectivamente) al igual que sus efectos cuadráticos. Debido a que tienen los p-valores inferiores a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% se consideran significativos para el modelo matemático (Méndez, 2007).

Por otro lado la concentración de lecitina no tiene efecto significativo en la aceptabilidad sensorial de la mezcla, mientras que su efecto cuadrático si lo es (valor-P = 0,1883). Además observamos que solo la interacción entre el pH y el porcentaje de polvo de cacao resulta significativo (valor-p = 0,0003).

La Figura 2 presenta el gráfico de los efectos de las variables en la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao, que indica la significancia de los efectos principales de las variables evaluadas, interacciones y efectos cuadráticos; en éstas gráficas los escalones donde cambia bastante la longitud de las barras separan grupos de efectos con diferente importancia (Gutiérrez y De la Vara, 2008). Por lo que se observa la influencia del pH y la concentración del polvo de cacao sobre la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao así como el efecto cuadrático del tipo de polvo de cacao dado por el pH, para un nivel de confianza del 95%.

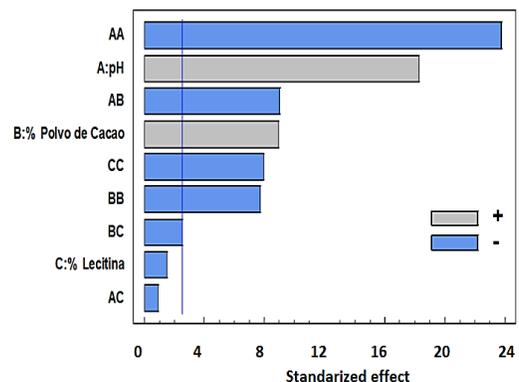


Figura 2. Gráfico del efecto del tipo de polvo de cacao, concentración del polvo de cacao y concentración de lecitina en la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao.

Gutiérrez y De la Vara (2008) señalan que el estadístico R^2 cuanto más cerca esté al 100% los modelos propuestos se adaptan mejor a los datos reales. En lo que respecta al estadístico R^2 , de la investigación, indica que el modelo explica el 98,7727% de la variabilidad de la aceptabilidad, dicho indicador refleja que los datos se ajustan a este modelo:

$$\text{Aceptabilidad} = -21,98 + 3,61A + 1,20B + 4,25C - 0,20A^2 - 0,04AB - 0,06AC - 0,02B^2 - 0,10BC - 3,84C^2$$

Dónde:

A: pH del polvo de cacao

B: Concentración del polvo de cacao (%)

C: Concentración de lecitina de soya (%)

La formulación óptima que maximiza la aceptabilidad sensorial hasta un valor de 6,25 de la mezcla seca de polvo de cacao por la metodología de superficie de respuesta se muestra en la Tabla 4. pH del polvo de cacao de 6,81, concentración de polvo de cacao 18,24% y una concentración de lecitina de 0,28%. Dichos valores son cercanos y tienen una tendencia hacia lo establecido por los resultados experimentalmente con la prueba del grado de satisfacción del (tratamiento 9: pH= 6,5, 17,5% de polvo de cacao y de, 0,3% de lecitina); dicho tratamiento obtuvo la mayor sumatoria en la prueba de aceptabilidad sensorial realizada. Similar tendencia fue encontrada por Deshpande *et al.* (2007) al optimizar una bebida con sabor a chocolate a través de la evaluación de la aceptabilidad empleando una escala hedónica de 9 puntos.

Tabla 4

Respuesta optimizada de los factores para la máxima aceptabilidad

Variables	Nivel Bajo	Nivel Alto	Óptimo
pH del polvo de cacao	5	8	6,81
Concentración del polvo de cacao %	15	20	18,24
Lecitina %	0,1	0,5	0,28

En la Figura 3 se presenta la relación entre las variables o factores en la aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao, dicha gráfica muestra una representación de superficie de respuestas de forma alabeada y de variación local suave (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

La superficie de respuesta obtenida en la Figura 3 y las curvas de nivel de dicha superficie (Figura 4) reflejan que conforme el pH del polvo de cacao se va acercando al valor óptimo entre 6,5 y 7,0, así como la concentración entre 18,0 y 18,5%, con una concentración de lecitina cercana a 0,3% la aceptabilidad en valor numérico aumenta. El punto óptimo de aceptabilidad presenta un nivel de 6,25.

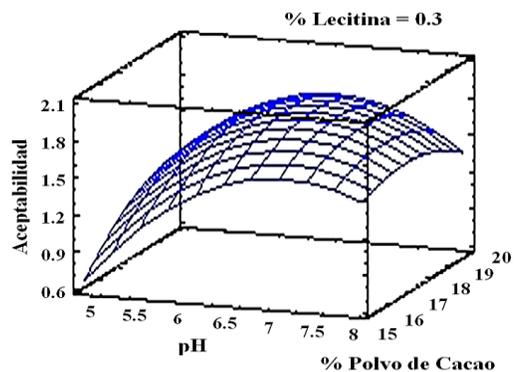


Figura 3. Superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao.

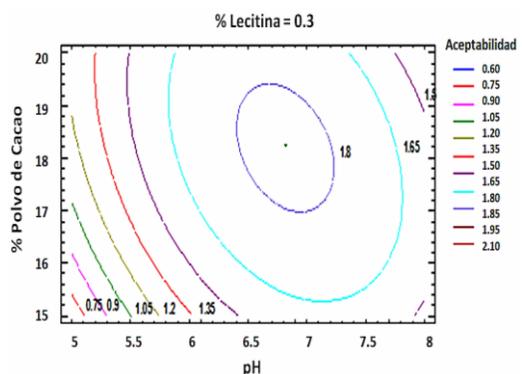


Figura 4. Contornos de superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao.

Con el fin de validar el modelo generado con la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta, el tratamiento óptimo fue sometido a evaluación con las

mismas condiciones de la experimentación, a la prueba de grado de satisfacción obteniéndose un nivel promedio de aceptabilidad general de 6,17 valor muy cercano al obtenido en el Programa Statgraphics Plus 5.1. Por lo que se puede indicar que el sabor juega un papel importante en la aceptabilidad (Carpenter *et al.*, 2002), principalmente estuvo relacionado por el tipo de polvo de cacao utilizado (pH= 6,81) el cual sería un polvo de cacao alcalinizado y como menciona Desrosier (1996), Bispo *et al.* (2005) y Groot (2004) las cocoas alcalinizadas tienen un color más oscuro y el sabor es más suave menos mordiente. Asimismo la dispersabilidad se mejora. Esta última característica se pudo optimizar agregando 0,28% de lecitina.

4. Conclusiones

El tratamiento que obtuvo la mayor aceptabilidad sensorial fue la mezcla de polvo de cacao en base a polvo de cacao a pH 6,5 con una concentración del 17,5% y una concentración de lecitina de 0,3%. La formulación óptima de la mezcla de polvo de cacao que se obtuvo por la metodología de superficie de respuesta fue: polvo de cacao a pH de 6,81 con una concentración de 18,24% y lecitina de soya con una concentración de 0,28%. La aceptabilidad sensorial de la mezcla de polvo de cacao optimizada fue de 6,17.

Referencias Bibliográficas

Anzaldúa - Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 198p.
 Bispo, E.; Ferreira, V.; Santana, L.; Yotsuyanagi, K. 2005. Perfil sensorial de pó de cacau (Theobromacacao L.) alcalinizado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25: 375-381p.

Carpenter, R; Lyon, D; Hasdell, T. 2002. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza.España. 224p.
 Choi, D.; Resurrección, A.; Phillips, R. 2002. Optimization of sensory characteristics and consumer acceptability for peanut-based extruded snack products using response surface methodology. In Technical Program Listing 2002 Annual Meeting - Anaheim, California. EEUU.
 Costell, E.; Durán, L. 1981. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. II. Planteamiento y Planificación: Selección de Pruebas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 21: 149 – 166.
 Costell, E.; Durán, L. 1982. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. IV. Realización y Análisis de datos. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 22: 1 – 21.
 Cross, H; Moen, R y Stanfield, M. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technology* 32(7): 48-54.
 Deshpande, R; Chinnan, M; McWatters, K. 2007. Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology as applied to consumer acceptability data. *LWT - Food Science and Technology* 41: 1485–1492.
 Desrosier, N. 1996. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial CECSA. México. 793p.
 González, M.; Ferrero, B.; Cabezado, M. 2000. Optimización del batido de vainilla mediante la metodología de superficie de respuesta. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 6: 77-80.
 Groot, H. 2004. Mezclas Secas. *Revista. Industria Alimenticia*. Noviembre.
 Gutiérrez, H y De la Vara, R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. McGraw Hill. Mexico. 545p.
 Huor, S.; Ahmed, E.; Rao, P.; Cornell, J. 1980. Formulation and Sensory Evaluation of a Fruit Punch containing watermelon juice. *Journal of Food Science* 45: 809-813.
 Méndez, I. 2007. Metodología de Superficie de Respuesta. Universidad Autónoma de México. 367p.
 PDA – MINAG (Programa para el desarrollo de la Amazonia - Ministerio de Agricultura del Perú). 2004. Manual de cultivo de cacao. Editorial Ministerio de Agricultura. Lima - Perú.
 Pezo B. R. 1998. El impacto de la producción y transformación del cacao en el Perú. Instituto de Estudios Amazónicos. Lima - Perú. 36p.
 Witting de Penna, E.; Villaroel, M. 2001. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud; Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Varela Editora e Liuraria LTDA. 357 p.
 Zook, K.; Wessman, C. 1977. The selection and use of judges for descriptive panels. In M.C. Gacula (Ed.) *Descriptive Sensory Analysis in Practice*. Capítulo 1.4: 56-61p.