

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSTGRADO**



ESPECIALIDAD EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA BEBIDA PROTEICA BAJA
EN CALORÍAS A BASE DE SOYA (*Glycine max* L), CACAO
(*Theobroma cacao* L) E INULINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE:
MAGISTER SCIENTIAE**

SANDRA ROZZANA CIURLIZZA CELIS

**LIMA-PERÚ
2009**

“Nunca dejes que tus miedos se interpongan con tus sueños”.

SERGIO BAMBARÉN

A Dios:

Por todas las gracias recibidas.

A mis padres, Carlos y María Angélica:

Por enseñarme con su ejemplo a luchar por mis ideales y por demostrarme que la perseverancia es la fuerza que nos lleva a la realización de nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho las siguientes líneas para expresar mi más sincero agradecimiento a aquellas personas que brindaron su apoyo durante el desarrollo de la presente tesis:

- A mi madre, por sus sabias palabras e incomparable cariño que me motivaron en todo momento a luchar por mis ideales.
- A la Empresa Buenos Productos S.A., especialmente a mis amigos: Pilar, Yessica y Gioconda por sus consejos y apoyo moral.
- Al Dr. Milber Ureña, por su ayuda, consejos y guía desde el inicio de esta investigación.
- A todos los profesores de la Facultad de Industrias Alimentarias, en especial a la Dra. Carmen Velezmoro por sus consejos, experiencia y confianza depositada.
- A Cesia y Scheyla, por su apoyo constante e incomparable amistad.
- A todos los que degustaron la bebida elaborada para esta investigación, mil gracias por todo su tiempo.
- A todas aquellas personas que contribuyeron de alguna u otra forma a la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1 SOYA	3
	Generalidades.	3
	Estructura y Comparación de los granos de soya.	4
	Proteínas de la soya.	7
	Formas comerciales de la soya.	11
	2.1.4.1. Harinas.	11
	2.1.4.2. Concentrados.	12
	2.1.4.3. Aislados.	12
	2.1.4.4. Otros productos derivados de la soya.	16
	2.1.5. Propiedades funcionales de la proteína de soya.	17
	2.1.5.1 Propiedades funcionales	18
	2.2. INULINA	20
	2.2.1. Generalidades.	20
	2.2.2. Aspectos químicos.	21
	2.2.3. Fuentes y producción.	22
	2.2.4. Fructanos y fibra dietética total.	24
	2.2.5. Beneficios tecnológicos y nutricionales.	25
	2.3. CACAO	26
	2.3.1. Generalidades.	26
	2.3.2. Obtención de cacao en polvo.	27
	2.4. ELABORACIÓN DE BEBIDAS EN POLVO	29
	2.4.1. Generalidades.	29
	2.4.2. Ingredientes en la elaboración de bebidas en polvo.	30
	2.4.2.1. Sacarosa.	31

2.4.2.2. Estabilizantes.	31
2.4.2.3. Emulsionantes.	33
2.4.2.4. Antiapelmazantes.	35
2.4.2.5. Colorantes.	36
2.4.2.6. Saborizantes.	37
2.5. ASPECTOS GENERALES SOBRE ALIMENTOS BAJO EN CALORÍAS	38
2.5.1. Importancia.	39
2.5.2. Edulcorantes.	40
2.5.2.1. Edulcorantes intensos.	43
2.5.2.1.1. Aspartame.	43
2.5.2.1.2. Acesulfame K.	44
2.6. DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS	46
2.6.1. Metodología Taguchi	50
2.6.1.1. Calidad a través del diseño.	52
2.6.1.2. Función pérdida.	53
2.6.1.3. Arreglos ortogonales.	59
2.6.1.4. Diseño de parámetros.	64
2.6.1.5. Comparación entre el diseño experimental y el clásico.	67
2.6.2. Metodología de Superficie de Respuesta.	71
2.6.2.1. Optimización.	77
III. MATERIALES Y MÉTODOS	79
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	79
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	79
3.2.1. Importancia.	79
3.2.2. Equipos.	79
3.2.3. Materiales.	79
3.2.4. Jueces sensoriales.	80
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	81
3.3.1. Análisis fisicoquímicos.	81
3.3.2. Análisis sensorial.	82
3.3.3. Análisis estadístico.	83

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	84
3.4.1. Etapa I: Determinación del concepto del producto.	84
3.4.2. Etapa II: Formulación y elaboración de la bebida.	85
3.4.3. Etapa III: Determinación de los factores y sus niveles que influyen significativamente en la aceptabilidad de la bebida.	89
3.4.4. Etapa IV: Optimización de la formulación.	93
3.4.5. Caracterización fisicoquímica del producto.	93
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	95
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	96
4.1. ETAPA I: DETERMINACIÓN DEL CONCEPTO DEL PRODUCTO.	96
4.2. ETAPA II: FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA BEBIDA EN POLVO.	96
4.3. ETAPA III: DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES Y SUS NIVELES QUE INFLUYEN SIGNIFICATIVAMENTE EN LA ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA.	96
4.4. ETAPA IV: OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN	106
4.5. ETAPA V: CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL PRODUCTO.	132
4.6. EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PRODUCTO PARA SU COMERCIALIZACIÓN.	137
V. CONCLUSIONES	141
VI. RECOMENDACIONES	143
VII. BIBLIOGRAFÍA	144
VIII. ANEXOS	149

ÍNDICE DE CUADROS

Nº CUADRO	TÍTULO	Pág.
CUADRO 1:	Composición media de las diferentes partes de la semilla o grano de soya (<i>Glycine max</i> L).	6
CUADRO 2:	Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de preparaciones proteicas de soya en relación con una proteína de referencia y al patrón de la FAO.	9
CUADRO 3:	Características de las Proteínas de Soya	10
CUADRO 4:	Comparación entre diferentes fructanos, inulina, oligofructosa y fructooligosacáridos (FOS).	23
CUADRO 5:	Reparto de los Hidrocoloides por función.	34
CUADRO 6:	Capacidad edulcorante relativa de algunos aditivos edulcorantes.	42
CUADRO 7:	Arreglos ortogonales más usuales.	63
CUADRO 8:	Arreglo ortogonal $L_8(2^7)$.	63
CUADRO 9:	Características principales del Método de Taguchi y el Diseño experimental clásico.	70
CUADRO 10:	Ingredientes de las bebidas en polvo presentes en el mercado y que son similares en algunos aspectos a la bebida objetivo.	87
CUADRO 11:	Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ aplicado para la optimización de la formulación de la bebida proteica, baja en calorías, a base de soya cacao e inulina.	91
CUADRO 12:	Factores y Niveles considerados en el Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ aplicado para la obtención de las variables que significativamente afectan la aceptabilidad de la bebida nutritiva baja en calorías a base de Soya (<i>Glycine max</i> L), Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) e Inulina.	92
CUADRO 13:	Niveles de factores a variar para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida baja proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.	94
CUADRO 14:	Diseño Box- Behnken para el Método de Superficie de Respuesta.	94

CUADRO 15:	Formulación base preliminar de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.	97
CUADRO 16:	Formulaciones según Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ y los resultados obtenidos en la prueba de aceptabilidad sensorial del producto.	98
CUADRO 17:	Análisis de Varianza del Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$.	102
CUADRO 18:	Valores promedios Señal/Ruido (ETA) para cada factor y nivel del Diseño Experimental $L_8(2^7)$.	103
CUADRO 19:	Efectos obtenidos por los factores y sus niveles bajo condiciones óptimas aplicando el Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$.	105
CUADRO 20:	Formulación resultante para la elaboración de la bebida según Metodología Taguchi tomada como base para la etapa posterior de Optimización.	106
CUADRO 21:	Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida según Diseño Box-Behnken del Método de Superficie de Respuesta.	107
CUADRO 22:	Análisis de Varianza de la Optimización de la Mayor Aceptabilidad Sensorial mediante Superficie de Respuesta.	111
CUADRO 23:	Niveles modificados de factores a variar para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida baja proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.	112
CUADRO 24:	Diseño Box- Behnken para el Método de Superficie de Respuesta con los niveles de los factores modificados.	112
CUADRO 25:	Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida según Diseño Box-Behnken del Método de Superficie de Respuesta-Niveles de los factores modificados.	114
CUADRO 26:	Análisis de Varianza de la Optimización de la Mayor Aceptabilidad Sensorial mediante Superficie de Respuesta	118
CUADRO 27:	Optimización de la Variable Respuesta Mayor Aceptabilidad Sensorial.	118

CUADRO 28:	Formulación que Maximiza la Aceptabilidad Sensorial de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.	119
CUADRO 29:	Resultados de la Prueba de Aceptabilidad Sensorial Método de Superficie de Respuesta-Fórmula final (fórmula óptima).	120
CUADRO 30:	Media de la desviación Standard obtenida en la prueba de aceptabilidad sensorial de la fórmula final (fórmula óptima).	120
CUADRO 31:	Formulaciones aplicadas para la optimización del contenido de proteínas (%VD) de la bebida según Diseño Box-Behnken del Método de Superficie de Respuesta-Niveles de los factores modificados.	122
CUADRO 32:	Análisis de Varianza de la Optimización del Mayor contenido de proteínas mediante Superficie de Respuesta.	124
CUADRO 33:	Optimización de la Variable Respuesta Máximo contenido de proteínas (%VD).	124
CUADRO 34:	Formulación que Maximiza el contenido de proteínas (%VD) de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.	125
CUADRO 35:	Formulaciones aplicadas para la optimización de la cantidad de calorías por porción de la bebida según Diseño Box-Behnken del Método de Superficie de Respuesta-Niveles de los factores modificados.	127
CUADRO 36:	Análisis de Varianza de la Optimización del mínimo contenido de proteínas mediante Superficie de Respuesta.	129
CUADRO 37:	Optimización de la Variable Respuesta mínima cantidad de calorías.	129
CUADRO 38:	Formulación que minimiza la cantidad de calorías por porción de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.	130
CUADRO 39:	Análisis proximal de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.	135
CUADRO 40:	Análisis fisicoquímico de la bebida proteica, baja en a base de soya, de soya, cacao e inulina.	135

CUADRO 41:	Etiqueta nutricional de la bebida en polvo, alto en proteínas, bajo en calorías, a base de soya, cacao e inulina.	136
CUADRO 42:	Costos de los ingredientes que intervienen en la formulación óptima por kilo.	137
CUADRO 43:	Costos del material de empaque empleados para el envasado de la bebida.	137
CUADRO 44:	Costos de la bebida al público.	139
CUADRO 45:	Precio de venta al público de la bebida desarrollada versus una bebida similar presente en el mercado.	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº FIGURA	TÍTULO	Pág.
FIGURA 1:	Diagrama de obtención de aislados proteínicos de la soya.	15
FIGURA 2:	Estructura química de la inulina.	23
FIGURA 3:	Esquema de actividades de una empresa desde.	49
FIGURA 4:	Reducción de la Variabilidad utilizando relaciones no lineales.	54
FIGURA 5:	Nominal es mejor.	60
FIGURA 6:	Mayor es mejor.	60
FIGURA 7:	Menor es mejor.	60
FIGURA 8:	Factor Señal/Ruido (S/R).	66
FIGURA 9:	Análisis de gráficos factoriales.	69
FIGURA 10:	Superficie de Respuesta tridimensional en la que se observa el rendimiento esperado (n) en función de temperatura (X_1) y presión (X_2).	73
FIGURA 11:	Gráfica de contornos de una Superficie de Respuesta.	73
FIGURA 12:	Proceso de elaboración de una bebida proteica baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.	88
FIGURA 13:	Valores Señal/Ruido de cada factor evaluado para maximizar la aceptabilidad sensorial del producto aplicando el Método Taguchi $L_8(2^7)$.	101
FIGURA 14:	Superficie de Respuesta - Mayor aceptabilidad sensorial.	109
FIGURA 15:	Curvas de nivel de la Superficie de Respuesta-Mayor aceptabilidad sensorial.	110
FIGURA 16:	Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados)- Mayor aceptabilidad sensorial.	115
FIGURA 17:	Curvas de nivel de la Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Mayor aceptabilidad sensorial.	116
FIGURA 18:	Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Máximo contenido de proteínas (%VD).	123

FIGURA 19:	Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados)- Mínima cantidad de calorías por porción de la bebida.	128
FIGURA 20:	Modelo de empaque proyectado para la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina. Presentación x 180 g.	140

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº ANEXO	TÍTULO	Pág.
ANEXO 1:	Ficha de evaluación sensorial.	150
ANEXO 2:	<i>Focus-group</i> : “Diseño y Desarrollo de una bebida nutritiva de soya con bajo aporte de calorías e inulina”.	151
ANEXO 3:	Referencias de profesionales con experiencia en Investigación y Desarrollo de productos que participaron en el <i>Focus-group</i> .	153
ANEXO 4:	Respuestas de la Prueba de aceptabilidad sensorial- Método Taguchi.	154
ANEXO 5:	Respuestas de la prueba de aceptabilidad sensorial- Superficie de Respuesta.	158
ANEXO 6:	Respuestas de la Prueba de Aceptabilidad Sensorial- Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados).	162
ANEXO 7:	Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al producto final- Laboratorio de Análisis Químico-UNALM.	166
ANEXO 8:	Fichas técnicas de la proteína aislada de soya, de la inulina y de la maltodextrina.	169

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal la obtención de una bebida instantánea a base de proteína aislada de soya, baja en calorías y desarrollada a partir de la formulación que maximiza su aceptabilidad sensorial, aplicando la metodología de Taguchi y de Superficie de Respuesta.

En la **Etapa I**, se determinó el concepto del producto mediante *focus-group*, con la participación de personas con amplia experiencia y con formación idónea en el campo de investigación y desarrollo de productos.

En la **Etapa II** se obtuvo la formulación base de la bebida en función a los ingredientes de las bebidas tradicionales presentes en el mercado, de las referencias literarias, así como de ensayos preliminares, los mismos que permitieron reemplazar los ingredientes que aportan mayor energía en la formulación tradicional como el azúcar y la leche, por edulcorante, suero de leche y maltodextrina. Así también, se decidió adicionar a la fórmula una nota de vainilla con la finalidad de atenuar el sabor característico de la soya.

En la **Etapa III** se determinaron los ingredientes y los respectivos niveles (mínimo y máximo) que influyeron significativamente ($p < 0,05$) en la aceptabilidad sensorial de la bebida para el atributo sabor, con la finalidad de reducir el número de variables significativas requeridas para la optimización posterior de la aceptabilidad del producto mediante el Método Taguchi, con un arreglo ortogonal $L_8(2^7)$ que involucra un análisis de efectos de siete factores o ingredientes con sólo ocho formulaciones en lugar de las 128 correspondientes a un arreglo factorial 2^7 .

En esta etapa de la investigación, la aceptabilidad sensorial de la bebida fue evaluada por 400 jueces (los mismos que fueron divididos en 8 grupos de 50 personas) en base a una escala hedónica.

Los niveles de los factores para los cuales se obtuvo la máxima aceptabilidad sensorial fueron: proteína aislada de soya (43,5-47,74%), edulcorante (0,16-0,18%) y saborizante (0,39-0,41%).

En la **Etapa IV** con el objetivo de maximizar el contenido de proteínas, minimizar la cantidad de calorías y maximizar la aceptabilidad sensorial de la bebida, se utilizó el diseño Box-Behnken para tres factores (proteína aislada de soya, edulcorante y saborizante), obteniéndose con ello un total de 15 tratamientos o formulaciones. El número de jueces que participaron en esta etapa fue 50.

Se eligió como formulación final de la bebida en polvo a la fórmula que maximiza la aceptabilidad sensorial del producto (para el atributo sabor), debido a que el sabor juega un papel primordial en la determinación de la aceptabilidad de los alimentos por parte del consumidor respecto al valor nutritivo de estos.

La formulación que maximizó la aceptabilidad sensorial de la bebida de soya y que permitió obtener una bebida hidratante en polvo con alto valor proteico comercial, bajo en calorías, y fibra soluble fue: proteína aislada de soya (46%), cocoa alcalina en polvo (14,6%), suero de leche (10,51%), inulina en polvo (10,91%), goma xantano (0,21%), maltodextrina en polvo (14,23%), silicato de calcio (0,57%), edulcorante (0,18%) y saborizante-etilvainillina (0,48%).

En la **Etapa V** se caracterizó fisicoquímicamente a la formulación de la bebida que maximizó la aceptabilidad sensorial, obteniéndose por porción de 10 g del producto final: 8% del valor de referencia diario de proteínas, 37,5 kcal, 0,32 g de grasa y 1,5% del valor diario de carbohidratos.

I. INTRODUCCIÓN

El ritmo acelerado de la sociedad contemporánea y los cambios en sus hábitos alimenticios hace que se descuide el aspecto nutricional del individuo, es en este contexto, que ha surgido en los últimos años un notable mercado que hoy en día permite una mayor innovación en cuanto a productos funcionales se refiere, como el de las bebidas que proporcionan “bienestar”, es decir, beneficio a la salud con adición de vitaminas, proteínas y minerales entre otros ingredientes.

El consumo de bebidas con fines específicos y diferentes al de sofocar la sed o, por placer, es un concepto que en la actualidad tiene muy en cuenta el consumidor que desea mantener una dieta sana; más aún, si la bebida satisface su demanda en cuanto a propiedades saludables, sabor y precio.

En este sentido el desarrollo de una bebida de soya en polvo con alto valor proteico, bajo en calorías, con fibra prebiótica y bajo costo, representa para el individuo una excelente alternativa nutricional de impacto positivo en la salud, sin descuidar la aceptación de las propiedades funcionales y sensoriales de los ingredientes empleados en la formulación del producto.

Dentro de estos ingredientes, la soya constituye una fuente importante de nutrientes y uno de los productos alimenticios más versátiles. Excelente fuente de proteínas de alta digestibilidad (92-100%) y con una calidad equivalente a las proteínas animales (misma calidad proteica de la carne, leche y huevos, pero con menos grasa), la proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales y aunque es relativamente baja en metionina, es una buena fuente de lisina (The American Soybean Association, 2002).

Las proteínas de soya son también una importante fuente de los compuestos biológicamente activos, llamados isoflavonas, que junto con la proteína de soya,

desempeñan un importante papel en la prevención de las enfermedades del corazón (The American Soybean Association, 2002).

Fibras dietéticas como la inulina ofrecen al fabricante la oportunidad de satisfacer la demanda nutricional y tecnológica, es así, que en la actualidad la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como “alimento funcional” (Madrigal y Sangronis, 2007).

El comportamiento prebiótico de la inulina hace que sea considerado como un carbohidrato dietético, siendo de gran interés su utilización como aditivo en la elaboración de alimentos (Madrigal y Sangronis, 2007).

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación, se basa en el desarrollo de una bebida en polvo, baja en calorías a base de proteína aislada de soya y otros ingredientes (cacao e inulina) que permiten convertir a las bebidas nutricionales en el vehículo idóneo para agregar fortificación o ingredientes saludables a la alimentación, haciendo su consumo ideal para jóvenes y adultos.

La presente investigación tuvo como objetivo principal:

Obtener una bebida hidratante en polvo con alto valor proteico comercial, bajo en calorías, y fibra soluble en base a formulaciones que maximizan la aceptabilidad sensorial del producto, aplicando los métodos de Taguchi y de Superficie de Respuesta.

Los objetivos específicos fueron:

- Obtener el concepto del producto.
- Optimizar la formulación del producto maximizando su aceptabilidad sensorial y costo mínimo.
- Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales del producto obtenido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 SOYA

2.1.1 Generalidades

Perteneciente a la familia de las leguminosas, la soya (*Glycine max* L) constituye uno de los principales cultivos del mundo, siendo Estados Unidos el país donde se cultiva la mayor cantidad a escala comercial, seguido de Latinoamérica (Brasil y Argentina) y China (The American Soybean Association, 2002).

Badui (1999) menciona que en muchos países occidentales, esta semilla se utiliza para la extracción de aceite y el residuo o pasta, rico en proteína, se emplea para la alimentación animal. Por otra parte en el Oriente, la soya es fundamental en la dieta de un gran sector de la población.

Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por su proteína, en los últimos años ha surgido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral. La producción de proteínas de soya representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia que existe de las proteínas convencionales, como las de la leche y la carne (Badui, 1999).

La FDA (2000) señala que estudios científicos han demostrado los beneficios que aporta para la salud el consumo de alimentos a base de soya, a tal punto que en 1999 aprobó colocar en las etiquetas de los productos que presentaban alto contenido de proteína de soya, la afirmación “la soya ayuda a disminuir el riesgo de enfermedades coronarias”. Para calificar la afirmación de “salud”, los alimentos deben contener al menos 6,25 gramos de proteína de soya por porción y reunir otros criterios como el ser bajo en grasa, colesterol y sodio.

2.1.2 Estructura y Composición de los granos de soya

Cheftel *et al.* (1989), mencionan que la semilla o grano de soya comprende tres partes principales: la envoltura, los cotiledones y el hipocotilo cuyas proporciones respectivas y composiciones medias se indican en el Cuadro 1.

Badui (1999) señala que la cascarilla representa el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo (2%) y el cotiledón (90%), localizándose en este último el aceite, en unos pequeños compartimientos llamados esferosomas de 0,2 a 0,3 u y que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteínicos (denominados aleuronas) de mayor tamaño (2 a 20 u) integrados por aproximadamente 98% de proteínas y algo de lípidos y de ácido fítico. Por esta razón en las aleuronas se encuentra casi toda la proteína, cuya función básica es constituir una fuente de reserva que le sirve a la planta en la germinación y en el crecimiento.

Los cuerpos proteicos (aleuronas) resisten una trituración moderada y pueden aislarse a partir de la harina desengrasada. Estos cuerpos proteicos contienen la mayor parte de las proteínas del grano: proteínas de reserva (globulinas) que se hidrolizan durante la germinación y sirven así de sustrato nutritivo para el crecimiento del embrión. Las otras proteínas (de estructura o funcionales tales como las enzimas e inhibidores de enzimas) se localizan en el resto de la célula (Cheftel *et al.*, 1989).

Según Badui (1999) la fracción lipídica está integrada por triacilglicéridos que contienen 14% de ácidos grasos saturados, 22% de ácido oleico, 55% de ácido linoleico y 8% de ácido linolénico. También se encuentran fosfolípidos, esteroides y tocoferoles.

Por otro lado, los glúcidos corresponden a polisacáridos insolubles tales como las hemicelulosas del tipo arabinogalactanos, las pectinas, la celulosa (responsables con la lignina de un contenido en “fibras” próximo al 5%) y

oligosacáridos solubles: hexosas, sacarosa, rafinosa, estaquiosa, verbascosa. Por su parte, las cenizas son ricas en hierro y zinc (Cheftel *et al.*, 1989).

En el grano hay además otros compuestos en pequeña cantidad: estrógenos, goitrógenos, fitatos, saponinas, esteroides, antivitaminas, factores alergénicos, etc. Estos compuestos, así como los inhibidores de enzimas y algunos polisacáridos, son en el aspecto nutricional y/o toxicológico, indeseables; por eso hay que desnaturalizarlos por el calor o eliminarlos por extracción (Cheftel *et al.*, 1989).

Cuadro 1: Composición media de las diferentes partes de la semilla o grano de soya (*Glycine max* L).

	Composición (% P/P seco)				
	% ponderal en la semilla	Proteínas (N x 6,25)	Lípidos	Glúcidos (incluye fibras)	Cenizas
Grano entero	100	40	20	35	4,9
Cotiledones	90	43	23	29	5,0
Envoltura	8	8,8	1	86	4,3
Hipocotilo	2	41	11	43	4,4

Fuente: Cheftel *et al.*, 1989.

2.1.3 Proteínas de la Soya

A diferencia de los cereales (maíz, trigo, etc.) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y de otras oleaginosas constituyen una mezcla heterogénea de globulinas (60-75% del total) y de albúminas con pesos moleculares muy variados. Solubles en soluciones salinas y en agua, precipitan en su punto isoeléctrico generalmente en el intervalo de 4,2 a 4,8 (Badui, 1999).

Linden y Lorient (1996) señalan que uno de los intereses mayores del grano de soya reside en la composición de aminoácidos presentes en las proteínas. En comparación con los cereales, el aminograma de las proteínas de soya difiere en que las cantidades de metionina, ácido glutámico, arginina, leucina, isoleucina y valina son menores, sin embargo, es más rico en lisina. Salvo un ligero déficit en aminoácidos azufrados, el porcentaje de lisina es elevado lo que hace que la soya sea muy adecuada para complementar las proteínas de los cereales, siendo su patrón de aminoácidos en ciertos aspectos comparable al de la FAO (Cuadro 2).

Las proteínas de la soya se caracterizan por tener una estructura cuaternaria muy compleja que se disocia en subunidades cuando se tratan con ácidos, álcalis y otros agentes químicos. Su fraccionamiento no se puede llevar a cabo tan fácilmente como en el caso de la leche; sin embargo, se separan y clasifican de acuerdo con su coeficiente de sedimentación en la ultracentrífuga, medido en unidades Svedberg, y así se tienen las fracciones: 2S, 7S, 11S y 15S. A su vez, cada una de ellas puede estar constituida por un grupo de polipéptidos con un peso molecular y un punto isoeléctrico determinados. Estas fracciones representan un determinado porcentaje del total de proteínas tal como se aprecia en el Cuadro 3 (Badui, 1999).

Debido a su compleja estructura, estas fracciones proteínicas son muy sensibles a muchos agentes desnaturalizantes, como los pH extremos, las temperaturas altas, las concentraciones elevadas de disolventes y de sales,

etc. De todos estos, el efecto del calor es el más importante ya que los tratamientos térmicos son las operaciones unitarias que más se emplean en la manufactura de los alimentos. La consecuencia de esto es en una primera instancia la reducción de la solubilidad de las proteínas, lo que puede llegar a inducir la gelificación (Badui, 1999).

Importantes en la nutrición, las proteínas, pueden proporcionar una fuente adicional de energía de reserva para el glucógeno muscular y pueden ayudar a mantener los niveles de glucosa en la sangre, ejerciendo de esta forma una función central y significativa (Pasin y Miller, 2004).

Cuadro 2: Comparación del contenido en aminoácidos esenciales de preparaciones proteicas de soya en relación con una proteína de referencia y al patrón de la FAO.

	Soya			Harina de trigo	Patrón de la FAO
	Harina	Concentrado	Aislado		
Lys	6,2-6,9	5,1-6,8	4,9-6,6	1,9	4,2
Trp	1,2-1,4	0,9-1,5	0,7-1,4	0,8	1,4
Phe	4,9-5,4	5,1-5,6	4,9-5,5	5,5	2,8
Met	1,3-1,6	0,9-1,4	0,9-1,3	3,0	2,2
Thr	3,9-4,3	3,7-4,4	2,9-4,0	2,7	2,8
Leu	7,5-7,9	7,8-8,5	6,9-8,2	9,1	4,8
Ile	4,6-5,6	4,5-5,3	3,9-5,0	4,4	4,2
Val	4,8-5,4	4,7-5,7	4,0-5,2	5,0	4,2

En g/16g de nitrógeno.

Fuente: Linden y Lorient (1996).

Cuadro 3. Características de las proteínas de soya.

<i>Fracción</i>	<i>Total (%)</i>	<i>pI</i>	<i>Peso molecular (daltones)</i>
2S: - Inhibidores de tripsina - Citocromo C - Globulina 2.3S - Globulina 2.8S - Alantoinasa	22	4,5	8000-21500 12000 18200 32000 50000
7S: - Hemaglutinina - Lipoxigenasa - β -Amilasa - Globulina 7S	37	6,1 5,4 5,8	110000 108000 61700 (186-210) x 10 ³
11S: - Globulina 11S	31	4,8	350000
15S	11	4,8	600000

Fuente: Badui (1999).

2.1.4 Formas Comerciales de la Soya

Linden y Lorient (1996) señalan que a partir de la soya se han elaborado diversos productos comerciales clasificados de acuerdo con su contenido de proteínas; las que contienen menos son las harinas (desgrasadas o enteras); le siguen los concentrados y finalmente, los aislados. Para fabricarlos es preciso romper el arreglo interno ordenado de las células del cotiledón para separar los diferentes constituyentes adecuadamente; cada uno de estos derivados tiene ciertas características y propiedades funcionales que pueden aprovecharse en la producción de otros alimentos más complejos y elaborados.

2.1.4.1 Harinas:

Las harinas son las formas menos refinadas de la soya, se pueden fabricar con toda su grasa o desgrasadas, ya sea como hojuelas, gránulos o polvo, contienen de 40 a 50% de proteínas y durante su manufactura se deben someter a un calentamiento con vapor para inactivar la lipoxigenasa, los inhibidores de tripsina y otros factores antifisiológicos.

Después de esto, el producto resultante tiene un mejor valor nutritivo, debido a que aumenta la relación de eficiencia proteínica, este paso requiere utilizar calor húmedo (vapor) por ser más efectivo que el calor seco (Badui, 1999).

Fenema (1993) menciona que los lípidos de las harinas sin desgrasar contribuyen al valor nutritivo; sin embargo, éstos contienen un alto porcentaje de ácidos grasos indispensables poliinsaturados, aproximadamente 50% de ácido linoleico y 9% de linolénico propensos a reacciones de oxidación que traen consigo pérdidas en las calidades sensorial y nutricional.

Las harinas desgrasadas son las más comunes en el mercado ya que la extracción del aceite resulta económicamente ventajosa, lo que da origen a una industria muy importante, la del aceite de soya (Liu, 1999).

2.1.4.2 Concentrados:

Badui (1999) señala que los concentrados de soya son más refinados que las harinas y contienen un mayor porcentaje de proteínas; en su manufactura se elimina la mitad de los hidratos de carbono y algunos otros componentes de menor importancia.

Para su elaboración se puede seguir tres diferentes procesos:

- Utilizar una solución de etanol al 60-80% para quitar ciertas fracciones solubles, como son los oligosacáridos, parte de las cenizas y otras sustancias de peso molecular bajo.
- Extraer las proteínas en su punto isoeléctrico en el que las globulinas y los polisacáridos se insolubilizan, precipitan y posteriormente se neutralizan y secan.
- Utilizar calor húmedo para desnaturalizar e insolubilizar los polipéptidos de la harina, seguido de un lavado con agua para eliminar los azúcares y otras moléculas pequeñas.

Los concentrados de soya obtenidos por diferentes procesos presentan aproximadamente la misma composición, sin embargo, las propiedades físicas y funcionales son diferentes en cada caso (Badui, 1999).

The American Soybean Association (2002) señala que los concentrados de soya contienen un 65% de proteína, tienen un sabor neutro y muchas propiedades útiles para mejorar la textura, el tacto en la boca y la firmeza, especialmente de los derivados cárnicos. En general, tienen un sabor y un olor menos intenso que las harinas ya que durante las etapas de manufactura se eliminan algunos de los compuestos que los originan (De Luna, 2006).

2.1.4.3 Aislados:

Los aislados son la forma comercial más purificada de la soya ya que contienen 90% o más de proteínas; se logran eliminando de los concentrados

los polisacáridos, los oligosacáridos y algunos otros componentes (Linden y Lorient, 1996).

Badui (1999) señala que el proceso de aislamiento se basa en las diferencias de solubilidad de las fracciones globulínicas con respecto al pH; para su obtención se parte de harinas desgrasadas que han recibido un tratamiento térmico mínimo y la extracción se efectúa con agua y álcalis a pH 7,5-8,5; el residuo insoluble contiene principalmente polisacáridos que se eliminan por centrifugación. El extracto se acidifica a pH 4,5; lo que hace precipitar la mayor parte de la proteína en forma de crema, que se separa del suero (fracción soluble) por centrifugación; posteriormente se lava y se neutraliza con hidróxido de sodio para resolubilizarla y finalmente se seca por aspersión; así se obtiene un proteinato de sodio que es más soluble en agua que la proteína en su punto isoeléctrico (Figura 1).

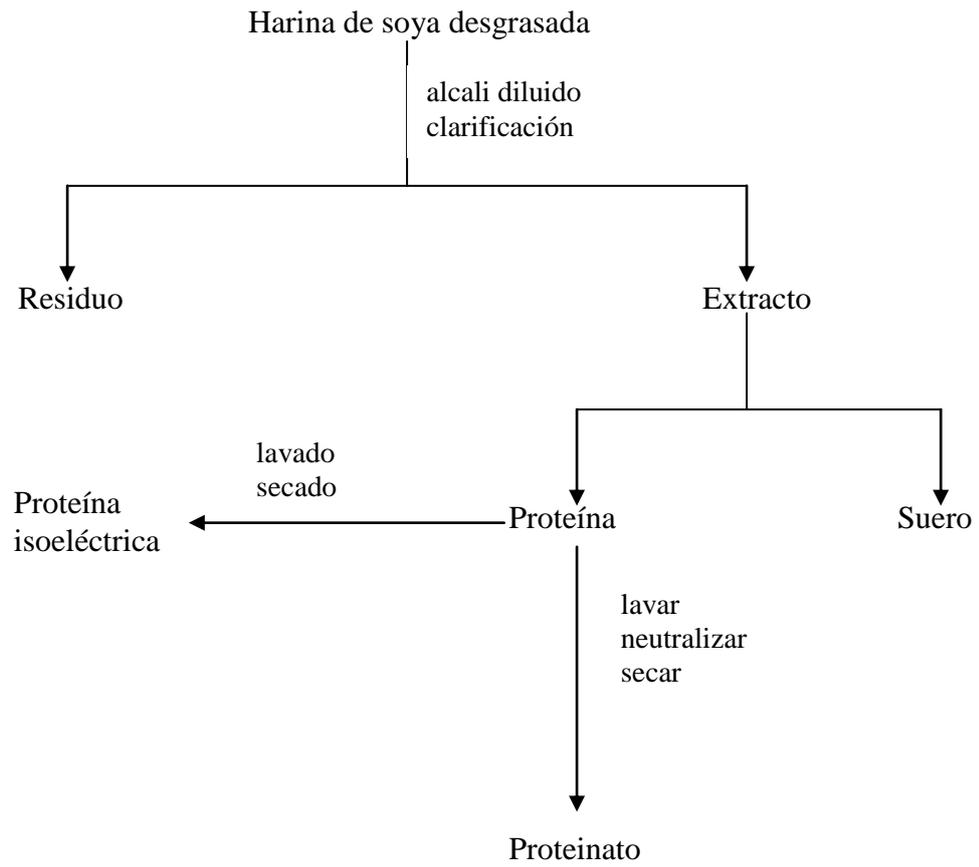
De Luna (2006), menciona que los aislados contienen compuestos de bajo peso molecular como saponinas, fosfolípidos, isoflavonas y algunos glucósidos.

Al igual que sucede con los concentrados, los diferentes aislados comerciales tienen aproximadamente la misma composición química; sin embargo, sus propiedades físicas y funcionales pueden variar como sucede con la solubilidad (De Luna, 2006).

Existen técnicas para fabricar fibrilados a partir de los aislados; éstos son materiales con características fibrosas o de hilo, capaces de imitar la textura de tejidos como los de la carne. Con estas proteínas fibriladas como base y con la adecuada adición de grasas, nutrimentos, colorantes, saborizantes, etc., se pueden desarrollar productos con formas y tamaños que semejen filetes de pescado, de pollo, de res, etc. (Liu, 1999).

The American Soybean Association (2002) señala que la proteína aislada de soya, también se presenta en diferentes formas, por ejemplo: polvos, fibras, geles, aislados lecitinados que mejoran la dispersabilidad y aislados con diferentes viscosidades.

Figura 1: Diagrama de obtención de aislados proteínicos de la soya.



Fuente: Badui (1999).

2.1.4.4 Otros productos derivados de la soya:

En el Extremo Oriente, las semillas de soya constituyen alimentos tradicionales, como el tofu, la yuba, el miso y las salsas de soya. Estos alimentos se preparan directamente a partir de los granos, ya sea por trituración, para obtener así la “leche de soya” de donde se precipitan a continuación las proteínas o bien por fermentación (Cheftel *et al.*, 1989).

En el Japón cada año se transforman de esta manera un millón de toneladas de semilla de soya, que contribuyen claramente al aporte proteico.

The American Soybean Association (2002) menciona que existen numerosos productos de soya como:

El salvado de soya, procede de la cáscara y contiene altos niveles de residuos de celulosa indigestible. Los oligosacáridos de la soya son carbohidratos solubles que tienen aplicaciones nutricionales. La fibra de soya es la fracción de carbohidrato insoluble de la soya y contiene muchos polisacáridos no celulósicos comestibles, como ramnosa, arabinosa y galactosa. Se pueden emplear para captar el agua, y retener la grasa y la humedad en sistemas de emulsificación.

Las isoflavonas de soya, se utilizan como ingredientes en la industria alimentaria en diferentes concentraciones. A medida que aumentan nuestros conocimientos acerca de los potenciales beneficios para la salud de las isoflavonas es probable que se encuentren mayores aplicaciones en la industria alimentaria, especialmente en “alimentos funcionales”.

El aceite de soya, se utiliza industrialmente en la manufactura de margarinas, aceites de mesa, mayonesa y en muchos otros productos, un subproducto de la refinación es la lecitina. El adecuado perfil nutricional del aceite de soya, junto a su transparencia y sabor neutro, hacen del mismo una elección ideal para muchas aplicaciones gastronómicas. Además de estos

productos que derivan de la obtención de las harinas desgrasadas, también se pueden obtener los que comercialmente se llaman proteínas vegetales hidrolizadas.

La “leche” o zumo de soya, es un ingrediente alimentario con alto contenido en proteína, bajo en grasa y sin colesterol que puede encontrarse en forma líquida, concentrada o deshidratada. Actualmente, las técnicas de procesado han mejorado y permiten eliminar la mayor parte del sabor a “vaina/legumbre”. Al igual que otros ingredientes proteicos, la leche de soya se puede utilizar como constituyente principal de un alimento o para reemplazar ingredientes tradicionales, como son la leche de vaca o los huevos. También se puede usar como punto de partida para la elaboración de yogures de soya y postres congelados de soya.

Las nueces de soya, son los granos de soya sin cáscara y tostados para eliminar el sabor a legumbre. El calor también destruye las enzimas lipasa incrementando el periodo de vida útil. Una continuación del procesado supone el resquebrajamiento y el corte en cuadraditos de los productos para proporcionar una variedad de texturas y un sabor a nuez inigualable con diferentes aplicaciones.

La salsa de soya, es el producto alimenticio más conocido obtenido a partir de soya fermentada. Posee un sabor único, mezcla de salado, dulce y agrio, y se produce por la fermentación de las semillas de soya, trigo, agua y sal, usando *Aspergillus oryzae*. Existen muchos tipos diferentes de salsa de soya, de manera que el método de secado determina la calidad y la solubilidad.

2.1.5 Propiedades Funcionales de la Proteína de soya

El papel de la soya en diferentes sistemas alimentarios y su uso como un ingrediente funcional, depende principalmente de sus propiedades fisicoquímicas, que están gobernadas por sus atributos estructurales y de conformación (FDA, 2000).

The American Soybean Association (2002) señala que debido a que las grasas y las proteínas son moléculas complejas, las propiedades funcionales de los ingredientes de la soya difieren según su componente principal sea la grasa o la fracción proteica. Constituyendo el método de producción, el tratamiento térmico, el pH, y la utilización de enzimas, otros factores que afectan la funcionalidad de las proteínas de soya.

2.1.5.1 Propiedades Funcionales

Una de las propiedades más importantes es la alta **solubilidad de las proteínas**, la cual es deseable para una funcionalidad óptima. La solubilidad de la proteína de soya se afecta con el pH, el calor y otros factores. Se reduce al mínimo en la región de su punto isoeléctrico de pH 4,2 a 4,6, e incrementa ligeramente por arriba y debajo de dicho rango. El tratamiento térmico desnaturaliza las proteínas lo que reduce su solubilidad (De Luna, 2006).

Linden y Lorient (1996) señalan que se puede mejorar la solubilidad gracias a agentes reductores capaces de romper los puentes disulfuro existentes en la proteína nativa o formados durante la precipitación ácida. Igualmente es posible mejorar la solubilidad de una proteína, gracias a tratamientos enzimáticos controlados que disminuyen la longitud de las cadenas polipeptídicas favoreciendo así la hidratación y la disolución.

De Luna (2006) señala que la **absorción y retención de agua** es una propiedad ligada a la solubilidad. La capacidad de retención de agua es una medida del agua “atrapada” que incluye tanto el agua ligada como la hidrodinámica.

Las proteínas de soya son muy hidrófilas, motivo por el cual algunos concentrados captan hasta 10 veces su peso en agua, permitiendo aumentar el contenido en agua de los productos en los cuales son incorporados, limitar las pérdidas durante la cocción y mejorar el rendimiento (De Luna, 2006).

Linden y Lorient (1996) mencionan que debido a su afinidad por el agua, las proteínas de soya entran igualmente en competencia por una parte con el almidón cuya retrogradación retardan, y por otra parte con las proteínas del gluten limitando los fenómenos de retracción debidos a la formación de una red glutinosa demasiado rígida .

Todo parámetro que intervenga sobre la solubilidad actúa sobre la **viscosidad y la formación de gel** ya que estos parámetros (pH, temperatura, sales) influyen en la ionización de las cadenas polipeptídicas y en la capacidad de interaccionar entre ellas.

En ausencia de calentamiento a las temperaturas requeridas, no hay formación de progel, pero se puede observar un aumento de la viscosidad, sobre todo debido al desplegamiento de las cadenas polipeptídicas y al aumento del número de las interacciones. Estas propiedades son de gran interés cuando se busca mejorar la textura en productos tales como salsas, platos cocinados y productos de charcutería (De Luna, 2006).

Liu (1999) menciona que las proteínas de soya son igualmente interesantes para la **estabilización de las emulsiones** pues refuerzan las películas en las interfases aceite-agua, limitando la coalescencia de los glóbulos grasos y la rotura de las emulsiones.

Esta propiedad de estabilización asociada a las propiedades de gelificación de las proteínas es ventajosa para los productos basados en una emulsión que deban sufrir una cocción o una esterilización (salsas, cremas, rellenos, etc.) (Liu, 1999).

En el caso de las harinas enteras, el poder emulsificante resulta todavía incrementado por los lípidos de la soya ricos en fosfátidos naturales (Linden y Lorient, 1996).

Por un principio comparable al de la emulsificación, las proteínas solubles de soya se concentran en las interfases aire-agua para favorecer la **formación de espumas** estables, coagulables por el calor. Gracias al tamaño más reducido de sus cadenas polipeptídicas, las proteínas parcialmente hidrolizadas por vía química o enzimática son más recomendables para este tipo de aplicación (Liu, 1999).

Además, la coagulación de las proteínas en superficie trae consigo la formación de películas que se comportan como barreras impermeables que limitan por una parte la absorción de lípidos, durante la fritura por ejemplo, y por otra la penetración de agua y de exudados (Linden y Lorient, 1996).

Karleskind *et al.* (1991), citados por Acha (1997), señalan que los productos alimenticios en base a soya además de exhibir buenas propiedades físicas y funcionales, pueden ser elaborados a un costo similar o menor que los productos alimenticios tradicionales. Por su naturaleza resultan atractivos para un creciente segmento de consumidores cuya demanda se enfoca en el consumo de productos dietéticos y prebióticos. Su aceptación dependerá enormemente de las propiedades funcionales y sensoriales de los ingredientes proteicos de soya empleados en su formulación.

2.2 INULINA

2.2.1 Generalidades

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento presente en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales formando por tanto parte de nuestra dieta diaria. A nivel industrial, la inulina se obtiene de la raíz de la achicoria y se usa como ingrediente en los alimentos, ofreciendo ventajas tecnológicas e importantes beneficios a la salud (Madrigal y Sangronis, 2007).

En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como "alimento funcional", que

por definición sería aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional. El efecto positivo a la salud se refiere a una mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de una enfermedad (Carabin y Gary, 1999).

Madrigal y Sangronis (2007) señalan que la propiedad de la inulina más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales.

Entre otras propiedades beneficiosas de la inulina a la salud, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicérica (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.2.2 Aspectos químicos

La inulina es un carbohidrato complejo constituido por moléculas de fructosa unidas por enlaces β -(2-1) fructosil-fructosa, siendo el término "fructanos" usado para denominar a este tipo de compuestos. Las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace $-\alpha$ (1,2) (residuo -Dglucopiranosil) como en la sacarosa pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de β -D-fructopiranosil (Madrigal y Sangronis, 2007).

Carabin y Gary (1999) señalan que dentro de los fructanos tipo inulina, se encuentran dos grupos generales de materiales, inulina y sus subgrupos, oligofructosa y fructooligosacáridos (FOS). La inulina, la oligofructosa y los FOS son entidades químicamente y nutricionalmente similares, debido a la estructura básica que comparten, β (2 \rightarrow 1) cadenas de unidades de fructosil algunas veces con unidades de glucosil al final de la cadena y ruta metabólica común (fermentadas por la microflora del colon).

Las diferencias radican en el grado de polimerización (GP), siendo la inulina el compuesto con el mayor rango y promedio. Los FOS y la oligofructosa son muy similares, pero con diferencias estructurales asociadas a sus diferentes orígenes: las cadenas de las moléculas de la oligofructosa son más largas que aquellas producidas por transfructosilación de la sacarosa. No todas las cadenas tienen una glucosa terminal en la oligofructosa, pero los FOS sí la tienen (Madrigal y Sangronis, 2007).

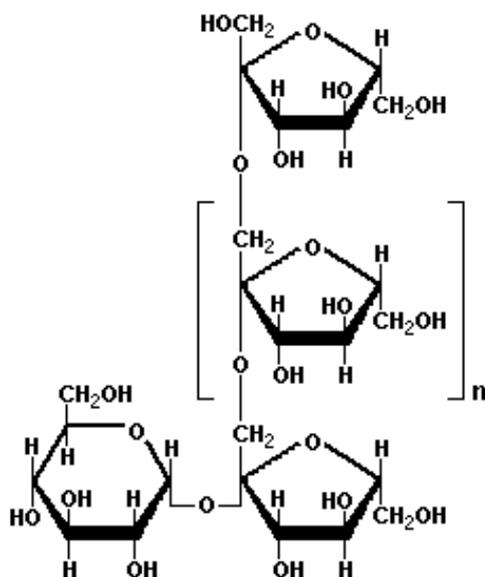
En el Cuadro 4, se presenta una comparación entre los tres compuestos fructanos. Las diferencias estructurales entre ellos condicionan sus características físicas y químicas, así como las propiedades que determinan su uso como ingrediente.

La unión β -(2-1) de los fructanos los hace resistentes a las enzimas digestivas, tales como las disacarasas (sucrasa, maltasa, isomaltasa o lactasa) de la mucosa intestinal y la α -amilasa pancreática. Por consiguiente, la inulina alcanza intacta el intestino delgado donde es intensamente fermentada por la microflora (Carabin y Gary, 1999). Sin embargo, los fructanos son hidrolizados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colon), de esta manera este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.2.3 Fuentes y Producción

Gibson (2004) menciona que después del almidón los fructanos son los polisacáridos no estructurales más abundantes encontrados en la naturaleza, presentándose en una amplia variedad de plantas, en algunas bacterias y hongos.

Entre las especies de plantas que producen fructanos se identifican las del grupo *Liliaceae* (ajo, cebolla, espárrago, ajoporro) y *Compositae* (achicoria, pataca y yacón). Las especies con mayor contenido de inulina la almacenan

Figura 2: Estructura química de la inulina.

Fuente: Linden y Lorient (1996).

Cuadro 4: Comparación entre diferentes fructanos, inulina, oligofruktosa y fructooligosacáridos (FOS).

Origen	Inulina Extracción a partir de vegetal (achicoria)	Oligofruktosa Hidrólisis enzimática de la inulina	FOS Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP _{prom}	10-12	4-5	3-7
Estructura química	Lineal (1-2% ramificación)	Lineal	Lineal

Fuente: Madrigal y Sangronis (2007).

en la parte subterránea de la planta. Otras especies (por ejemplo en la familia *Gramineae*) presentan altos contenidos de fructanos en sus partes aéreas, pero con bajo rendimiento a nivel industrial (Madrigal y Sangronis, 2007).

Carabin y Gary (1999) señalan que son pocas las especies apropiadas para obtener inulina a nivel industrial; sin embargo, la achicoria (*Cichorium intybus*) representa la fuente industrial más común. A través de diferentes métodos, la industria alimenticia produce dos tipos de productos a partir de la achicoria:

- Inulina, conteniendo una mezcla de fructanos de cadena larga y corta, es producida por extracción de agua caliente desde la planta de achicoria. Las raíces de la achicoria son lavadas, cortadas en dados y extraída. El jarabe semirrefinado es entonces purificado usando técnicas de separación física hasta obtener un producto de más del 99% de pureza.
- Oligofructosa, conteniendo sólo moléculas con GP menor a 10, es producida por un método similar con la adición de hidrólisis enzimática parcial de inulina después de la extracción inicial.

2.2.4 Fructanos y Fibra dietética total

El contenido de fibra en los alimentos debido a las normativas de información en el etiquetado de productos alimenticios, resulta hoy en día, imprescindible (Madrigal y Sangronis, 2007).

La clasificación de la fibra en “soluble” e “insoluble”, según las metodologías tradicionales de determinación no permiten calcular la “fibra dietética total” ya que dicha metodología no incluye el contenido de fructanos. Motivo por el cual, los fructanos deben ser determinados por separado, para luego ser sumados al contenido de fibra obtenido por los métodos tradicionales. Dicha sumatoria, representaría el contenido de fibra dietética total que debe ser incluida en la información nutricional del etiquetado (Madrigal y Sangronis, 2007).

Kip *et al.* (2005), citados por Madrigal y Sangronis (2007), señalan que recientemente se ha propuesto los conceptos de fibra dietética y fibra funcional, las mismas que se basan en una clasificación respecto a los efectos fisiológicos funcionales que los distintos componentes de dicha fibra puedan proporcionar al individuo. En este sentido, los fructanos, al ser carbohidratos no digeribles aislados con efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos son considerados como fibra funcional. Siendo la fibra dietética total, la suma de la fibra dietética y la fibra funcional.

2.2.5 Beneficios Tecnológicos y Nutricionales

La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos. La inulina tiene propiedades similares a las del almidón, mientras que la oligofructosa presenta propiedades más parecidas a la sacarosa (Carabin y Gary, 1999).

Linden y Lorient (1996) mencionan que la utilización de la inulina es interesante por más de una razón:

- Por su poder gelificante, contribuye a mejorar la estabilidad de las emulsiones y de los alimentos esponjados.
- Por su no degradabilidad en el organismo, se comporta como una fibra alimentaria y llega casi intacta al colon, donde es hidrolizada por las bacterias, sobre todo las bifidobacterias y ciertos lactobacilos.
- Por su bajo poder calórico, de 4 a 10 kJ.g⁻¹ según la longitud de las cadenas.

En este contexto, la inulina mejora la aceptabilidad de yogures elaborados con leche descremada, impartándole una mayor cremosidad; también actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles. La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros en los que las propiedades funcionales que otorgan las grasas son indispensables para lograr efectos sensoriales deseados por los consumidores (Wouters, 2005).

Madrigal y Sangronis (2007) mencionan que en la elaboración de panes de trigo, con adición de inulina para sustituir la grasa vegetal, no se modifican las características reológicas de la masa antes de hornear ni la calidad sensorial del producto terminado. El uso de inulina en la formulación de pastas da como resultados productos con propiedades sensoriales sin diferencias significativas de aquellas elaboradas con solo trigo. Se han logrado formulaciones a base de chocolate (tortas, muses), barras energéticas y cereales extruídos, con un desempeño similar o incluso mejorado en sabor, color y textura.

Otros efectos fisiológicos además de las propiedades señaladas, respecto al rol como fibra en la dieta de la inulina y la oligofructosa es que inducen interesantes efectos fisiológicos/nutricionales. Esos efectos están relacionados con la mejora de la biodisponibilidad del calcio, la reducción del riesgo del desarrollo de lesiones precancerosas en el colon, y la hipotrigliceridemia e hipoinsulinemia en modelos experimentales (Roberfroid, 2002).

Wouters (2005) señala que añadir unos pocos gramos de oligofructosa o inulina a los alimentos puede ayudar a alcanzar los 30 gramos de fibra diarios que se recomiendan.

Es importante destacar que tanto la inulina como sus derivados fueron aceptados como ingredientes GRAS (generalmente reconocido como seguro) por la FDA desde 1992, lo cual indica que pueden usarse sin restricciones en formulaciones alimenticias incluso en las destinadas para infantes (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.3 CACAO

2.3.1 Generalidades

El árbol del cacao es una planta perteneciente a la familia de las Esterculiáceas (*Sterculiaceae*) y cuyo nombre botánico es *Theobroma cacao*.

El árbol del cacao es pequeño, crece hasta unos 6 metros y tiene hojas lustrosas de hasta 30 cm de longitud y pequeñas flores rosas que se forman en el tronco. Sólo una treintena de las aproximadamente 6000 flores que se abren durante el año llega a formar semillas, las mismas que son denominadas habas de cacao (Beckett, 1994).

Las habas de cacao están encerradas en una mazorca o piña de color pardo rojizo de unos 28 cm de longitud. Las semillas de cacao, de sabor amargo, son de color púrpura o blancuzco y se parecen a las almendras. El residuo pulverizado, que también se llama cacao, es la materia prima a partir de la cual se fabrica el chocolate (Gálvez *et al.*, 2001).

El cacao como materia prima es rico en almidón y fibra dietética, tanto soluble como insoluble. Igualmente, posee un elevado contenido en determinados elementos fitoquímicos tales como la teobromina y polifenoles, además de vitaminas como la tiamina (B1) y el ácido fólico, incluyendo minerales como el potasio, fósforo y magnesio (Rafecas y Codony, 2000).

Al ser rico en hidratos de carbono, el cacao, aporta energía al organismo, por lo que es muy recomendable en situaciones que requieren un aporte energético extra, adicionalmente proporciona al producto un aroma especial y palatabilidad. Hoy en día, se tiende a promocionar sus derivados desengrasados que confiere propiedades menos energéticas, por lo que se puede decir que el cacao se ha convertido en un alimento ideal para todo tipo de población (Gálvez *et al.*, 2001).

2.3.2 Obtención de cacao en polvo

Beckett (1994) señala que el cacao en polvo se obtiene a partir de la pasta de cacao preparada con habas de cacao que únicamente han sido tostadas, es decir de cacao sin alcalinizar (sin solubilizar). Sin embargo, para dotar de color atractivo y de buenas características de suspensión en la leche, el cacao

en polvo se suele obtener de pasta de cacao solubilizada. Para poder conseguir un producto pulverulento de la pasta de cacao rica en grasa, ésta ha de ser parcialmente desengrasada, que es lo que ocurre cuando se extrae la manteca de cacao mediante el empleo de prensas horizontales.

Las prensas horizontales están constituidas por depósitos individuales dispuestos horizontalmente, cuyas partes inferiores están formados con mallas de acero especial, que son reemplazables. Las cámaras de la prensa se llenan bombeando la pasta de cacao finamente molida y calentada a 90-100°C con una bomba proyectada específicamente para ello, la cual al presionar en los émbolos de acero, exprime la manteca de cacao; de esta forma se obtiene un material sólido llamado torta de cacao prensada (Beckett, 1994).

Después del prensado se expulsa automáticamente la torta prensada, que normalmente contiene un 10-20% de grasa residual. La torta de cacao prensada debe triturarse hasta conseguir un material pulverulento aplicable a la elaboración de bebidas, o para su uso como ingrediente en otros productos. En primera instancia parece que se trate de un proceso físico sencillo; sin embargo, la presencia de manteca de cacao lo vuelve más complejo (Beckett, 1994).

Varnam y Sutherland (1997) señalan que durante la molienda, la fricción provoca una elevación de la temperatura por encima de 34°C, lo que hace que funda la grasa y que se produzca una adhesión de partículas y la obstrucción de la maquinaria. A temperaturas más bajas, funden parte de los glicéridos y aunque no llegan a causar una obstrucción el polvo obtenido es “inestable” con un tinte grisáceo poco atractivo y con tendencia a apelmazarse. Los problemas se agravan si el cacao contiene niveles de grasa del 20% o superiores, y cuando se pretende utilizarlo para la elaboración de bebidas, el aspecto cobra una importancia capital.

Beckett (1994) señala que las condiciones para obtener un polvo de cacao con un buen color y un buen aspecto general son aquellas que permiten enfriar la manteca de cacao presente en la torta y pasarla del estado líquido al sólido durante el proceso de molienda. Las tortas de cacao que se obtienen con las prensas hidráulicas son muy compactas, especialmente si el contenido en manteca es bajo.

Antes de la molienda las tortas se desmenuzan pasándolas por una serie de pares de rodillos dentados. Esto reduce la torta a pequeños terrones de 5 mm de diámetro, los cuales acceden a la etapa de molienda en la que se suelen emplear molinos de clavijas. La torta accede a los molinos de clavijas a unos 45°C: la velocidad de alimentación es importante y en los equipos modernos se regula automáticamente. Durante la operación el molino se refrigera mediante aire que circula por unos conductos en las paredes. El polvo abandona el molino y se transporta neumáticamente hasta un enfriador que consiste en una serie de tubos horizontales con camisas por las que circula el líquido refrigerante. El cacao en polvo pasa a través del enfriador arrastrado por una corriente de aire y continúa por un conducto de atemperado en donde se fija el color definitivo, y finalmente llega a un ciclón que separa el producto final del aire (Varnan y Sutherland, 1997).

Con su amplia gama de coloraciones, el cacao en polvo es un ingrediente muy codiciado, que se puede utilizar de formas muy variadas en la industria de la alimentación, por ejemplo para la producción de materiales de recubrimiento, de relleno, preparaciones prefabricadas de pastelería, polvos para bebidas, galletas, etc. (Beckett, 1994).

2.4 ELABORACIÓN DE BEBIDAS EN POLVO

2.4.1 Generalidades

Se puede definir a las bebidas en polvo de manera general como una mezcla de micro y macro ingredientes balanceados de tal forma que al disolverse en un líquido, proporcione sabor, color, textura y turbidez si así se requiere.

Todo esto, contenido en presentaciones convenientes que permiten usarlos en el lugar y momento que el consumidor así lo desee permitiéndole disfrutar de una bebida a su gusto (Zavala y Finkenthal, 2006).

Zavala y Finkenthal (2006) mencionan que las bebidas en polvo tienen una serie de ventajas respecto a las bebidas listas para tomar, como son:

- Sus presentaciones permiten almacenarlo en un espacio pequeño, ya sea en el hogar o incluso en los anaqueles de los supermercados y tiendas de conveniencia.
- Son fáciles de llevar y preparar.
- Permiten al consumidor ajustar el producto en cuanto a nivel de dulzor se refiere, obteniendo un producto único, enteramente a su gusto.
- Actualmente existen bebidas instantáneas en polvo elaboradas a base de azúcar, edulcorantes no nutritivos o mezcla de ambos, lo cual permite al consumidor decidirse por el producto que mejor se adapte a sus necesidades dietéticas o de salud, ya sea personales o familiares.
- Las bebidas en polvo le proporcionan al consumidor una gran variedad de opciones en cuanto a sabores, precios y presentaciones.

Las bebidas en polvo han incursionado no sólo en el mercado de las bebidas refrescantes sino también en el de las bebidas calientes empleando como diluyentes leche o agua, en el de las bebidas energizantes y fortificadas para los sectores de la población que así lo demanden (Zavala y Finkenthal, 2006).

2.4.2 Ingredientes en la elaboración de bebidas en polvo

El desarrollo de una bebida en polvo involucra una serie de tecnologías empleadas en la elaboración de todos y cada uno de los ingredientes que forman parte de la formulación final. A continuación, se describe de manera general el uso y función de los ingredientes más comunes empleados en el desarrollo de este tipo de bebidas.

2.4.2.1 Sacarosa

Este edulcorante natural fue y sigue siendo uno de los más empleados por su disponibilidad, precio y dulzor característico. Cubero *et al.* (2002), señalan que la sacarosa presenta funciones estructurales y de imagen, según el alimento en el que se aplique, ya que aumenta la viscosidad del medio aportando volumen y textura, adicionalmente da lugar a reacciones de caramelización que genera colores deseados en algunos productos.

Linden y Lorient (1996), mencionan que en forma seca, la sacarosa sólo puede absorber cantidades limitadas de agua en forma de vapor y contribuye a mantener seca una mezcla almacenada. La sacarosa presenta propiedades de texturización, de lubricación y de dar cuerpo (papel de la viscosidad), de modificación y homogenización de los aromas (y esto a dosis bajas permitiendo “borrar” los gustos ácidos, amargos, etc.), de agente dispersante, etc.

Pero no todo lo que aporta esta molécula son beneficios. La sacarosa no constituye únicamente una fuente de energía metabólica, sino que también hace aumentar la demanda de insulina y además ejerce un papel importante en el desarrollo de la caries dental. Por todas estas razones los nutricionistas recomiendan bajar el consumo de azúcar en la dieta, sobre todo para los diabéticos pero también para aquellas personas con tendencia a la obesidad (Cubero *et al.*, 2002).

2.4.2.2 Estabilizantes

Moore y Shoemaker (1981), citados por Ormeño (2004), señalan que los estabilizantes son un grupo de compuestos, generalmente polisacáridos, que se emplean para estabilizar las emulsiones y para mantener la dispersión de los sólidos. Son productos que se hidratan cuando se dispersan en agua, donde sus moléculas más grandes de estabilizante se disgregan y se disuelven. Esto lleva a la formación de enlaces o puentes de hidrógeno que a

través del todo el líquido forma una red, reduciendo así la movilidad de agua restante no enlazada.

Puesto que todos los estabilizantes y espesantes eficaces son hidrófilos y se dispersan en solución como los coloides, se han denominado hidrocoloides. Como característica principal y común se puede destacar que son moléculas altamente hidrofílicas que actúan sobre el agua que se encuentra libre en el medio donde se aplican, llegando a reducir su movilidad y aumentando así la viscosidad. En este sentido la estructura del polímero (lineal o ramificado, su grado de ramificación, etc.) es de gran importancia ya que de ella depende la capacidad de retención de agua y, por tanto, las características reológicas y de textura que impartirá al producto acabado (Cubero *et al.*, 2002).

Fenema (1993) menciona que las propiedades generales de los hidrocoloides útiles incluyen: el grado de solubilización en agua, la capacidad de incrementar la viscosidad y, en ocasiones, la de formar geles. Algunas funciones específicas de los hidrocoloides incluyen:

- mejora y estabilización de la textura,
- inhibición de la cristalización (azúcar y hielo),
- estabilización de las emulsiones y espumas,
- mejora del recubrimiento con azúcar (disminuye su pegajosidad) de algunos productos de pastelería ,
- la encapsulación de los sabores.

El desarrollador de bebidas en polvo tiene la ventaja de poder echar mano de un sinnúmero de espesantes con los que se obtienen características distintas, aumentando la viscosidad y mejorando el cuerpo de la bebida. Los espesantes se adicionan en cantidades muy pequeñas y provienen de muy diversas fuentes pudiendo proporcionar o no fibra soluble, lo que se considera un valor agregado en el producto final (Zavala y Finkenthal, 2006).

Multon (2000) menciona que el poder espesante varía mucho de una goma a otra; es muy elevada para la goma xantano, los carragenanos, los derivados de la celulosa y los galactomananos, pero está más limitado para las pectinas, la goma arábica y los almidones (Cuadro 5).

Fenema (1993) señala que los hidrocoloides se utilizan generalmente a concentraciones del 2% o inferiores ya que muchos presentan una capacidad limitada de dispersión y de la funcionalidad deseada a esas concentraciones.

2.4.2.3 Emulsionantes

Emulsionantes son aquellas sustancias que añadidas a los alimentos hacen posible la formación y/o mantenimiento de una dispersión uniforme entre dos o más sustancias inmiscibles (Cubero *et al*, 2002).

Multon (2000) señala que los agentes emulgentes son agentes anfifílicos cuya estructura química comporta a la vez funciones hidrófilas y funciones hidrófobas. Esta estructura química particular les confiere sus propiedades emulgentes, puesto que al situarse en la interfase aceite/agua estas moléculas contribuyen a aumentar la estabilidad de un sistema termodinámicamente inestable.

La estructura anfifílica confiere a estas moléculas propiedades físicas únicas que les permiten estabilizar igualmente las interfases aire/agua, formar complejos con el almidón y las proteínas y controlar la cristalización de las materias grasas. Estas propiedades tienen consecuencias importantes tanto sobre la textura y la conservación de los alimentos como sobre la “maquinabilidad” de las materias primas que entran en la composición de los alimentos (Multon, 2000).

Cuadro 5: Reparto de los Hidrocoloides por función.

HIDROCOLOIDE	ESPELANTE	GELIFICANTE	ESTABILIZANTE
Goma guar	+	-	-
Garrofn	+	-	-
Pectinas	-	+	+
Alginatos	+	+	+
Carragenanos (ι y κ)	-	+	+
λ Carragenanos	+	-	+
Derivados de celulosa	+	-	-
Goma tragacanto	+	-	-
Xantano	+	-	+
Goma arábica	-	+	+

Fuente: Pedersen (1982) citado por Multon (2000).

Los emulsionantes presentan otras funciones aparte de la de favorecer la emulsión, es por ello que gracias al efecto humectante instantaneizador que presenta, los emulsionantes son capaces de dispersar productos pulverulentos de características grasas, tipo cacao, permitiendo la rápida hidratación de polvos finos en agua o leche, es decir en el seno de un líquido acuoso o en base acuosa, sin formación de grumos (Cubero *et al.*, 2002).

2.4.2.4 Antiapelmazantes

Según Xalabarder (2007) el antiapelmazante es un aditivo que reduce la tendencia de las partículas de un alimento a adherirse unas a otras formando grumos o incluso masas sólidas con el tiempo y en ambiente húmedo.

Multon (2000) señala que los términos antiapelmazante y antiaglomerante se pueden considerar como semejantes. La diferencia entre “apelmazarse” y “aglomerarse” es que en el segundo caso existe la presencia de un ligante. Un antiapelmazante evita que el producto se haga una masa y el antiaglomerante debe anular la acción del ligante.

Zavala y Finkenthal (2006) señalan que el uso de estos ingredientes se hace necesario sobre todo cuando la intención es comercializar las bebidas en polvo en zonas con alta humedad relativa o cuando no se cuenta con un empaque adecuado que las proteja de la interacción con la humedad del medio ambiente. El efecto inmediato de no usar antiapelmazantes en un producto que estará sometido a las condiciones arriba mencionadas, es la compactación y por ende, el decremento en su vida de anaquel.

Zavala y Finkenthal (2006) mencionan que la falta de fluidez de los polvos y los límites del apelmazado son debidos a causas diversas:

- Imbricación bajo efecto de una presión.
- Cristalización, solidificación, condensación sólida, bajo efecto de variaciones climáticas: temperatura y humedad relativa.
- Reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla.

- Atracciones electrostáticas como consecuencia de choques o frotamientos.

Multon (2000) señala que los principales productos empleados como antiapelmazantes son los productos a base de sílice hidratada ($n\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y silicoaluminato sódico.

Existen tres clases de sílices hidratadas:

- Los geles de sílice, se utilizan como antiapelmazantes, pero igualmente como desecantes.
- Las sílices pirogenadas.
- Las sílices precipitadas.

Multon (2000) menciona que estas sustancias son todos dióxidos de silicio que difieren por su pureza (las más puras son las pirogenadas) y por su precio (las más baratas son las precipitadas).

Todas estas sustancias se presentan en forma de polvo blanco amorfo o insoluble en el agua. En razón de su gran finura (partículas del orden de 10 a 20 nanómetros) estos polvos juegan, por revestimiento, el papel de dispersantes o de lubricantes en seco (Multon, 2000).

Las dosis de empleo van de 0,5 a 2% (sal de mesa). La DDA de la sílice hidratada y del silicato es ilimitada: estudios médicos han señalado, por otra parte, que el silicio es un oligoelemento útil en la nutrición humana y que juega un papel en la osteogénesis (Multon, 2000).

2.4.2.5 Colorantes

Varnam y Sutherland (1997) señalan que la coloración no tiene un efecto directo sobre las propiedades sensoriales de las bebidas, pero la coloración adicional se utiliza cuando se desea reforzar el sabor que percibe el consumidor. En algunos casos el color tiene mayor importancia que el gusto en la impresión general que se causa al consumidor.

Pueden emplearse tanto colorantes naturales como artificiales o mezclas de ambos. El secreto de emplear este tipo de ingredientes está en saberlos desarrollar para que también proporcionen color al producto en polvo y no tan sólo a la bebida ya preparada (Zavala y Finkenthal, 2006).

Los colorantes artificiales, mayoritariamente los colorantes azoicos, son los más empleados y los más adecuados desde el punto de vista tecnológico debido a su estabilidad en el producto final y a su alta capacidad cromática. Sin embargo, la seguridad de algunos colorantes artificiales se ha puesto en tela de juicio durante muchos años, surgiendo como moderna alternativa el uso de colorantes naturales (Varnam y Sutherland, 1997).

Cubero *et al.* (2002), mencionan que la búsqueda de nuevos colorantes va encaminada a la aplicación de pigmentos de origen natural, ya que cada vez más el consumidor se fija en la composición de aquello que forma parte de su alimentación y reclama productos naturales. La búsqueda de productos con tonalidades de coloreado más suaves hace que el consumidor perciba a los alimentos como más naturales.

Los colorantes naturales representan una alternativa muy atractiva frente a los artificiales y cada vez se usan más los colorantes como la curcumina, la clorofila y los antocianos. El éxito ha sido algo limitado por su inestabilidad, sin embargo, los carotenoides sintéticos similares a los naturales, como el β caroteno, se utilizan bastante como colorantes amarillo-escarlata (Varnam y Sutherland, 1997).

2.4.2.6 Saborizantes

Los saborizantes empleados en el desarrollo de bebidas en polvo deben ser agentes saborizantes secados por aspersion, debido a que con el uso de esta tecnología no solamente se asegura la estabilidad del producto final sino que se prolonga la vida de anaquel de la bebida en polvo y se minimiza el riesgo

de oxidación para el caso de saborizantes desarrollados a base de aceites esenciales cítricos (Zavala y Finkenthal, 2006).

Este ingrediente es clave en el desarrollo de una bebida en polvo debido a que es el que le da la personalidad y característica sensorial a la bebida y lo distingue del resto de los productos similares (Cubero *et al.*, 2002).

2.5 ASPECTOS GENERALES SOBRE ALIMENTOS BAJO EN CALORÍAS

FDA (1995) señala que el término “bajo” puede ser usado en alimentos que se pueden comer frecuentemente sin exceder las guías dietéticas de uno o más de estos componentes: grasa, grasa saturada, colesterol, sodio y calorías. De esta manera, las palabras pueden definirse como sigue:

- Bajo en grasa: 3 g o menos por porción.
- Bajo en grasa saturada: 1 g o menos por porción.
- Bajo en sodio: 140 mg o menos por porción.
- Muy bajo en sodio: 35 mg o menos por porción.
- Bajo en colesterol: 20 mg o menos y 2 g o menos de grasa saturada por porción.
- Bajo en calorías: 40 calorías o menos por porción.

Sinónimos de “bajo” incluyen “pequeños” (“little”), “pocas” (“few”) y “fuente baja de” (“low source of”).

FDA (1995) menciona que cualquier afirmación que se haga sobre un nutriente, tal como “reducido en grasa” o “bajo en calorías” o “liviano” puede ser usado como un término estandarizado, si el nuevo producto ha sido específicamente formulado y satisface los requisitos de la FDA en cuanto a la afirmación, no es inferior en nutrición al alimento tradicionalmente estandarizado y cumple con ciertas condiciones impuestas por la FDA.

Varnam y Sutherland (1997) señalan que las bebidas derivadas del cacao bajas en calorías se elaboran utilizando cacao en polvo con bajo contenido en grasa y

edulcorantes artificiales como aspartame y acesulfame. El emplear edulcorantes artificiales involucra conferir más cuerpo al producto, por lo que se suelen añadir maltodextrinas para tal propósito. Cuando se preparan bebidas de este tipo suele ser un problema frecuente la separación del cacao y de los otros componentes, por lo que a menudo se incorpora goma de xantano como estabilizante.

2.5.1 Importancia

La FDA (2000) señala que las calorías proporcionan una medida de cuanta energía recibimos por porción de un alimento. El consumir grandes cantidades de calorías por día está relacionado con el sobrepeso y la obesidad que pueden ocasionar problemas del tipo cardíaco.

La FDA (2004) menciona que la ingesta de calorías es uno de los elementos clave para el control del peso (el otro es el gasto calórico). Tres son los macronutrientes que proporcionan energía en la dieta: los carbohidratos, las proteínas y las grasas. La cantidad de energía en forma de calorías producida por unidad de peso por esos nutrientes es:

- Carbohidratos: 4 calorías por gramo
- Proteínas: 4 calorías por gramo
- Grasas: 9 calorías por gramo

La elección de algunos productos bajos en calorías puede resultar interesante para quienes por motivos de salud necesiten llevar una dieta con control de grasas o de azúcares, en definitiva, reducida en energía. Los productos bajos en calorías obtenidos a expensas de una reducción del contenido graso pueden ser útiles para diversificar la alimentación de quienes tienen que controlar la cantidad de grasas de la dieta, como en el caso de la hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia (alto contenido de triglicéridos en sangre), trastornos hepáticos o de la vesícula biliar, problemas pancreáticos y exceso de peso, entre otros (FDA, 2004).

2.5.2 Edulcorantes

Tanto la naturaleza como el hombre producen diversos alimentos que son aceptados por su sabor dulce, esta percepción sensorial se lleva a cabo gracias a un gran número de compuestos químicos, muchos de ellos sintetizados en el laboratorio, que dan esas propiedades sensoriales tan agradables para la mayoría de los individuos. A los agentes que producen esta sensación se les designa con el nombre de edulcorantes (Badui, 1999).

Los edulcorantes constituyen uno de los grupos de aditivos alimentarios que están experimentando un mayor incremento en su consumo y a los que se dedica mayor esfuerzo en su investigación, esto debido a la creciente demanda de alimentos bajos en calorías que no quieren renunciar al sabor dulce.

Cubero *et al.* (2002), señalan que no sólo es necesaria la aportación de un sabor dulce para que se considere a una sustancia como edulcorante. Debe reunir una serie de requisitos importantes para la aplicación técnico-alimentaria entre los que se encuentran:

- Solubilidad suficiente.
- Estabilidad a un intervalo amplio de temperatura y pH para que pueda resistir las condiciones del alimento en el que se va a utilizar y a los tratamientos a los que se vaya a someter.
- Sabor dulce lo más puro posible. Sin sabores secundarios o residuales.
- Que tenga un poder edulcorante superior al de la sacarosa, para así a menor cantidad conseguir iguales resultados que los que ofrece la sacarosa y de esta manera conseguir un menor aporte calórico y un beneficio económico.
- Que sea inocuo.

Badui (1999) menciona que la sustitución de la sacarosa por los edulcorantes sintéticos no siempre es sencilla, ya que este azúcar no desempeña

únicamente el papel de saborizante, sino, que en muchos casos, actúa como conservador y para conferir al producto textura y consistencia adecuadas.

En la evaluación sensorial del poder edulcorante, la sacarosa sirve de estándar con el que se compara el poder de otros edulcorantes. Se utilizan los términos “poder edulcorante” y “grado de dulzor”; poder edulcorante es la intensidad del dulzor expresado en porcentaje en comparación con la sacarosa, a quien se asigna el grado 100%. El grado de dulzor expresa la intensidad del sabor dulce como fracción del dulzor de la sacarosa, que es igual a la unidad (Beckett, 1994).

En el Cuadro 6 se presenta la capacidad edulcorante relativa de cada uno de los edulcorantes empleados generalmente en la industria.

Cubero *et al.* (2002), señalan que los edulcorantes se clasifican atendiendo a su aporte calórico en:

a) Edulcorantes nutritivos (o de volumen):

- Sacarosa y otros disacáridos (maltosa, lactosa, etc.).
- Monosacáridos (glucosa, fructosa, etc.).
- Polioles (sorbitol, manitol, maltitol, xilitol, lactitol, etc.).

b) Edulcorantes no nutritivos (o intensos):

- Sacarina.
- Ciclamato.
- Acesulfame-K.
- Neohesperidina dihidrochalcona (NHDC).
- Taumatina.
- Aspartame.

Cuadro 6: Capacidad edulcorante relativa de algunos aditivos edulcorantes.

SUSTANCIA	VALOR EDULCORANTE RELATIVO*
Acesulfamo K	200
Alitamo	2,00
Aspartamo	180-200
Ciclamato	30
Glicirrizina	50-100
Sacarina	300-400
Esteviósido	300
Sacralosa	600-800
Taumantina	1,600 -2,000

*: Índices de endulzamiento relativo comúnmente citados: sin embargo, la concentración y la matriz del alimento o la bebida puede influir mucho en el índice real de endulzamiento relativo de los edulcorantes.

Fuente: Fenema (1993).

2.5.2.1 Edulcorantes intensos

Cubero *et al.* (2002), mencionan que con el nombre de aditivos edulcorantes intensos se conoce a aquellos compuestos naturales o sintéticos, con sabor dulce pero con un poder energético nulo o insignificante en comparación con la sacarosa.

Cubero *et al.* (2002), señalan que las principales características de los edulcorantes intensos son:

- Alta intensidad de dulzor, lo que condiciona dosis de aplicación del orden de ppm.
- Aporte de calorías insignificante o nulo.
- Ausencia de otras funciones tecnológicas (no son higroscópicos, no caramelizan, no confieren textura...).
- Apropriados para diabéticos.
- No provocar caries.

Varnam y Sutherland (1997) mencionan que los edulcorantes intensos no pueden sustituir por completo a los azúcares sin una pérdida de las características del producto y de la calidad, por lo que se requiere volver a diseñar la formulación. Una gran dificultad es que estos edulcorantes no confieren cuerpo a la bebida en polvo, por lo que se puede requerir la adición de gomas o de pequeñas cantidades de azúcares para proporcionarlo.

2.5.2.1.1 Aspartame

Fenema (1993) señala que el aspartame o el éster metílico de la L-aspartil-L-fenilalanina es una sustancia calorífica ya que es un dipéptido que se digiere completamente. No obstante, su intensa capacidad edulcorante (unas 200 veces más dulce que la sacarosa) le permite ejercer su función a niveles muy bajos que apenas aportan calorías. Se considera que imparte un sabor dulce similar al de la sacarosa y desprovisto de regusto o resabio.

Multon (2000) menciona que la estabilidad del aspartame en disolución es función de las condiciones de temperatura, de pH y de tiempo de

almacenamiento. De una forma general, esta estabilidad es buena a 20-25°C en el ámbito de pH 3-5, con un máximo alrededor de 4; sólo la exposición prolongada a los efectos conjugados de un pH exterior a este espacio, un pH alcalino notable, y una temperatura más elevada provoca una degradación y una pérdida de poder edulcorante significativo.

El aspartame se degrada rápidamente a temperaturas elevadas, lo que limita su empleo en los productos de cocción, salvo cuando está bajo la forma de “encapsulado”, es decir, si está recubierto por una sustancia que le proteja durante la cocción (Multon, 2000). Sin embargo, se aumenta la estabilidad del aspartame cuando se mezcla con otros edulcorantes como la sacarina y el acesulfame-K (Cubero *et al.*, 2002).

Cubero *et al.* (2002), señalan que su empleo se ha difundido mucho en la última década, sobre todo en la industria de las bebidas bajas en calorías. Entre los productos elaborados con aspartame destacan tabletas edulcorantes, bebidas carbonatadas, chicles, cereales de desayuno, gelatinas, productos lácteos, derivados de frutas, caramelos, etc. Es decir, en la actualidad, el aspartame es probablemente el edulcorante intenso más ampliamente usado en la industria alimentaria.

Los productos alimenticios edulcorados con aspartame deben etiquetarse de forma que sea visible su contenido en fenilalanina, al objeto de evitar su consumo por individuos fenilcetonúricos que tienen falta de 4-monooxigenasa, implicada en el metabolismo de la fenilalanina (Fenema, 1993).

2.5.2.1.2 Acesulfame K

Badui (1999) menciona que el acesulfame K es el derivado potásico de los ácidos acetoacético y sulfámico, presentando una estructura química que en algunos aspectos semeja a la de la sacarina.

Estable a temperaturas elevadas, puede ser sometido sin problemas a los tratamientos térmicos habituales así como a los procedimientos de cocción en los sectores de la pastelería y de la confitería (Badui, 1999).

Multon (2000) señala que la solubilidad del acesulfame K en el agua es elevada (270 g a 20°C por litro) y que presenta estabilidad muy buena en la gama del pH habitual de las bebidas. En concreto es estable en todas las condiciones normalmente encontradas en los procesos alimentarios, y entre ellos en los procesos de horneado y esterilización, ventaja que supone con respecto al aspartame (Cubero *et al.*, 2002).

Fenema (1993) menciona que el acesulfame K es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa en solución al 3%, presentando un dulzor intermedio entre el del ciclamato y la sacarina. Puesto que el acesulfame K posee un sabor metálico y amargo que se aprecia a medida que se aumenta su concentración, es especialmente útil cuando se mezcla con otros edulcorantes bajos en calorías como el aspartame. Se obtiene un gusto azucarado muy agradable mezclando acesulfame K con sacarosa o fructosa.

En el campo de las bebidas, el acesulfame K es muy fácil de utilizar en forma de mezclas de edulcorantes. Por ejemplo, como el acesulfame K y el aspartame tienen un perfil tiempo/intensidad diferente, es posible, variando las proporciones de mezcla, equilibrar la curva de sabor azucarado en función de las diversas materias primas utilizadas en la fabricación de la bebida. Así, para jugo de agrios, una mezcla de dos partes de acesulfame K y una parte de aspartame es en particular muy apreciada. En el caso de los productos lácteos que contienen preparaciones de frutas, el acesulfame K puede ser utilizado como edulcorante único (Linden y Lorient, 1996).

El acesulfame K no se metaboliza en el organismo de ahí que no proporcione calorías. Numerosas comprobaciones experimentales han señalado efectos no tóxicos en los animales y una excepcional estabilidad en los productos alimentarios (Fenema, 1993).

2.6 DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Kotler (2002) menciona que el desarrollo de un producto es la fase en la cual una compañía busca un nuevo producto. Los nuevos productos no tienen que ser nuevos e “inesperados”, pueden ser únicamente adiciones a las líneas de productos actuales o mejoras a los productos actuales.

Según Grieg (1995), citado por Zapata (1996), un nuevo producto es aquel que se encuentra comprendido en una o más de las siguientes categorías:

- Productos completamente diferentes a los ya existentes en una compañía, los cuales tengan una importancia e independencia tal que puedan ser tratados en un grupo aparte por la empresa, en términos de responsabilidad, presupuesto y comercialización.
- Productos innovados significativamente diferentes a otros en el área.
- Productos elaborados por medio de nueva tecnología y que sean distintos a los ya existentes.

Kotler (2002) señala que el desarrollo de nuevos productos se puede llevar a cabo a través de avances tecnológicos, es decir, mejorando los artículos existentes, agregando productos de distintos rangos de calidad, o sea, con mayor o menor durabilidad y por último mediante la innovación, creando productos novedosos o los hasta ahora inexistentes, siendo estos últimos los que involucran mayor costo y riesgo por ser totalmente nuevos para el mundo.

De acuerdo a Barreire (1980) citado por Gallegos (2003), una innovación debe estar ligada en algún grado con alguno de los siguientes conceptos:

- Una necesidad de satisfacer, que involucra una función o un grupo de funciones a cumplir.
- El concepto o idea nueva del producto.
- El Know-how, que es un cuerpo de conocimientos preexistentes que incluye disponibilidad de materia prima y/o tecnología apropiada para hacer operativo el producto nuevo.

Para que un nuevo producto pueda tener mayor oportunidad de éxito en el mercado, no se puede pasar por alto la etapa de desarrollo y prueba del concepto, directamente con los clientes y/o consumidores potenciales. Cabe hacer la precisión de tres términos: “la idea de un producto”, es lo que una empresa es capaz de ofrecer al mercado, el “concepto”, consiste en una versión modificada de la idea expresada de tal manera que sea comprensible para el consumidor y “la imagen”, es la representación que se forma en la mente, el consumidor acerca de un producto real o potencial (Kaszas, 2006).

En las etapas de diseño de productos y procesos, el “diseño de experimentos” constituye una herramienta que puede ser usada con el objetivo de minimizar la variación del desempeño de los productos o procesos en manos de los consumidores finales con respecto a los factores ambientales como medio para mejorar la calidad. La idea de diseñar productos y procesos cuyo desempeño sea insensible a las condiciones ambientales (robustez del sistema) y realizar esto en las etapas de diseño a través del uso de Diseño de experimentos ha sido la piedra angular de la metodología de Taguchi (Medina *et al.*, 2007).

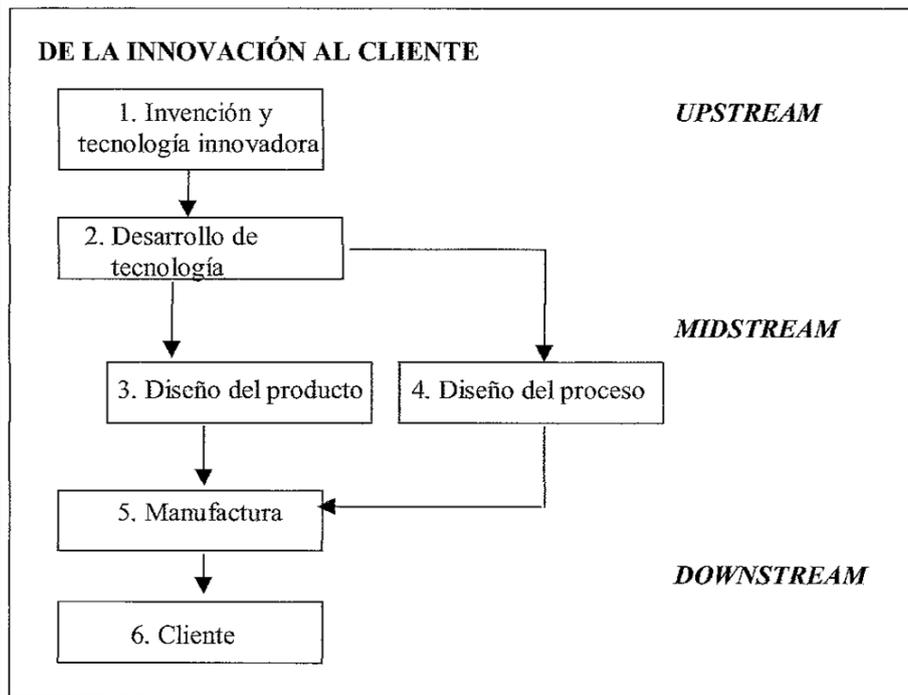
En la Figura 3, se muestra un esquema de las actividades de una empresa desde la invención del producto hasta su llegada al mercado. Para Yacuzzi *et al.* (2005), el flujo se divide en tres etapas, conocidas por las expresiones inglesas *upstream*, *midstream* y *downstream*.

La etapa de *upstream* consiste en los bloques 1 y 2, en ella el bloque 2 (desarrollo de tecnología) actúa como perno entre el *upstream* y el *midstream*. En la de *midstream* los bloques 2, 3, 4 y 5, en donde el bloque 5 (manufactura), cumple el mismo papel entre el *midstream* y *downstream*. La etapa de *downstream*, en los bloques 5 y 6, en ella la ingeniería de calidad enseña que las actividades para la mejora de la calidad deberían ser empujadas hacia el *upstream*, alejándolas del proceso de manufactura. El diseño experimental, y las técnicas de Taguchi en particular, apuntan a este fin.

Dado que los acontecimientos que ocurren en el *upstream* tienen consecuencias en las etapas inferiores, cuando se intenta mejorar la calidad, y en definitiva

ahorrar en términos de costos, se debe mejorar la tecnología genérica, en vez de estudiar las formas de mejorar producto por producto. Los ingenieros en suma, deben desarrollar tecnologías robustas en la etapa de investigación y desarrollo, tecnologías que sean fácilmente transferibles a nuevos procesos y productos. Por lo tanto, las innovaciones más valiosas son las que se producen en el *upstream*, sin embargo, no hay que descuidar la prevención de problemas de calidad en el *downstream*, debido a que en esta etapa -y no en el laboratorio- es donde aparecen los factores no controlables (Yacuzzi *et al.*, 2005).

Figura 3: Esquema de actividades de una empresa desde la invención del producto hasta su llegada al mercado.



Fuente: Ealey (1992) citado por Yacuzzi *et al.*, (2005).

2.6.1 Metodología Taguchi

El término “Calidad Total” es quizá el que mejor se ha utilizado para denominar una nueva corriente que involucra una forma diferente de administrar los negocios y las empresas en general, que en síntesis podría resumirse como “hacer las cosas bien” en todas las actividades de la empresa para “satisfacer las necesidades de los consumidores o clientes”. Es por ello, que una meta importante del mejoramiento de la calidad es incorporar la calidad de diseño en cada producto y en los procesos por los que éste se fabrica (Marfil, 1991).

Yacuzzi *et al.* (2005), mencionan que para Taguchi, es posible incorporar la calidad en los productos desde su diseño, sin aumentar su costo; los problemas deben eliminarse en el laboratorio de diseño, no en la fábrica o en el campo. Según esta perspectiva, es necesario diseñar productos robustos que toleren variaciones en el proceso de producción y durante el servicio de mantenimiento.

La ingeniería de la calidad de Taguchi combina métodos estadísticos y de ingeniería para optimizar los procesos de diseño y fabricación de modo que aumente la calidad y se reduzcan los costos de los productos. El diseño de experimentos juega un papel esencial en el enfoque de Taguchi, pues ayuda a identificar los factores que más contribuyen a lograr resultados positivos (Yacuzzi *et al.*, 2005).

Montgomery (1991) señala que a principios de 1980, Genichi Taguchi introdujo su método para usar el diseño experimental en:

- Diseño de productos o procesos de modo que sean robustos ante las condiciones ambientales (por robusto o consistente se entiende que el producto o proceso funciona de manera consistente como se planeó, y es relativamente insensible a factores difíciles de controlar).

- Diseño/desarrollo de productos de modo que sean robustos a la variación de componentes.
- Minimización de las variaciones respecto a un valor objetivo.

Medina *et al.* (2007), señalan que la metodología de Taguchi presenta las siguientes fortalezas:

- Enfatiza en la calidad durante la etapa del diseño del proceso.
- Reconoce la importancia relativa de los factores que influyen en el desempeño de los productos o procesos.
- Enfatiza en la reducción de la variabilidad, por medio del uso de la función de pérdida y de la razón señal-ruido (existiendo una para cada objetivo que se quiera lograr con el experimento).
- Se concentra en el concepto de diseño de parámetros que sirvan para disminuir la variabilidad en el desempeño de los productos.
- También puede ser utilizada para el mejoramiento de procesos y productos ya existentes.

Marfil (1991) señala que Taguchi considera 3 etapas en el desarrollo de un producto o proceso:

- diseño del sistema
- diseño de parámetros
- diseño de tolerancias

Según Montgomery (1991), en el diseño del sistema, el ingeniero utiliza principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica. En la etapa de diseño de parámetros, se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema y el diseño de tolerancias, se utiliza con objeto de determinar las mejores tolerancias para los parámetros.

Taguchi recomienda el empleo de métodos estadísticos de diseño experimental para auxiliar el mejoramiento de la calidad, en particular durante el diseño de parámetros y el diseño de tolerancias.

Un componente clave de la filosofía de Taguchi es la reducción de la variabilidad. Por lo general, cada característica de funcionamiento de un proceso tendrá un valor objetivo o nominal. La finalidad es reducir la variabilidad alrededor de este valor objetivo. Taguchi modela con una función de pérdida las desviaciones que pueden ocurrir respecto a este valor nominal (Montgomery, 1991).

Marfil (1991), señala que en la industria de alimentos se conoce poco los métodos Taguchi, sin embargo su aplicación en dicha industria puede ser de gran utilidad, sobre todo para el desarrollo de productos y procesos. En el Japón los métodos Taguchi se utilizan ampliamente desde hace varias décadas y han resultado ser la metodología más utilizada para el diseño de productos y el desarrollo de la tecnología.

Los métodos Taguchi involucran: la Calidad a través del Diseño, la Función Pérdida, los Arreglos Ortogonales y el Diseño de Parámetros.

2.6.1.1 Calidad a través del Diseño

Para Taguchi la calidad se genera en el diseño del producto o del proceso. El término “Ingeniería de Calidad” se refiere precisamente a las actividades necesarias para incorporar en el desarrollo y la manufactura del producto aquellos elementos que prevendrán la influencia de los factores de ruido. Un producto mejor no es aquel que cumple las especificaciones y que tiene “cero defectos”, sino aquel que tiene menor variación y se acerca más al valor nominal de la característica medida, por lo tanto, el enemigo a vencer para mejorar la calidad en un proceso industrial es justamente la variabilidad (Marfil, 1991).

Marfil (1991), señala que la variación de un proceso o de las características de un producto se debe a los llamados factores de ruido, los mismos que se incluyen en el diseño experimental y pueden ser de tres tipos:

1. Factores de ruido exterior (temperatura ambiente, factores humanos, etc.).
2. Factores de ruido interior (deterioro).
3. Factores de ruido entre producto (imperfecciones de manufactura).

Marfil (1991), menciona que Taguchi cataloga dos áreas principales de la Ingeniería de Calidad:

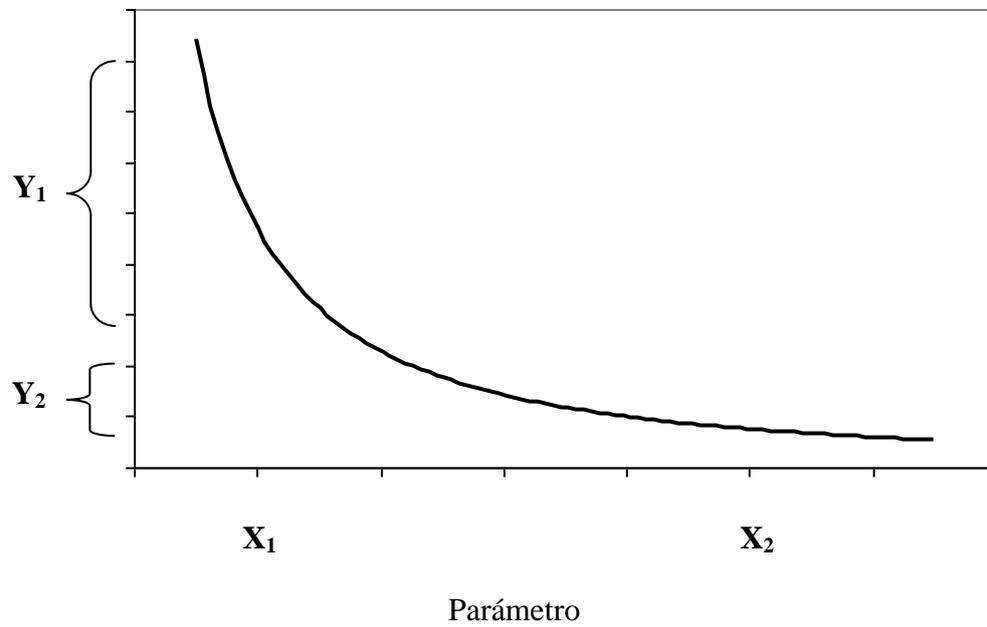
- Fuera de línea: Se refiere al trabajo de diseño o etapa de investigación y desarrollo en donde se diseñan tanto el producto como el proceso.
- En línea: Mejorar a un proceso de manufactura o producto ya establecidos.

En ambas partes el objetivo es lograr productos/procesos “robustos” o insensibles al ruido. Taguchi recomienda hacer uso de las relaciones no lineales entre un factor y la respuesta, para lograr la robustez de un producto.

Para ilustrar lo expuesto anteriormente, en la Figura 4 se muestra una relación hipotética entre un parámetro o factor X y una característica de calidad Y . Si se supone que el nivel deseado de la característica de calidad es Y_1 , y que el factor X_1 tiene un rango de variación determinado que produce una variabilidad correspondiente en la característica Y_1 . Si se mueve el factor X_2 , debido a la relación que existe en la gráfica, la variabilidad de la característica se reduce en el nivel Y_2 . A pesar de que el factor X sea muy grande no repercutirá en la variabilidad de la característica de manera importante, en este punto se puede decir que el proceso es robusto (Marfil, 1991).

Figura 4: Reducción de la Variabilidad utilizando relaciones no lineales.

**Característica de
Calidad**



Fuente: Marfil (1991).

Sin embargo, las características de calidad se encuentran en el nivel 2, siendo que el objetivo es el nivel 1. Es necesario entonces seleccionar un segundo factor de control, como Z, que afecte a toda la distribución de la característica de manera independiente que permita “mover” el resultado hacia el nivel 1. Para Taguchi lo importante para el diseño de experimentos, es encontrar aquellas relaciones entre los diferentes factores o parámetros que afecten el resultado y que nos permitan seleccionar los niveles adecuados para lograr la robustez (Marfil, 1991).

Marfil (1991) señala que Taguchi hace la distinción de los parámetros o factores en dos tipos: factores de control y factores de ruido. Los factores de control serán aquellos que podemos mover o ajustar para lograr el objetivo. Dentro de los factores de control se pueden distinguir 4 tipos:

1. Afectan la variación pero no afectan la media.
2. No afectan la variación pero sí afectan la media.
3. Afectan la variación y la media.
4. No afectan la variación ni la media.

Dentro de las tres etapas señaladas en el desarrollo de un producto o proceso, la primera fase o desarrollo del sistema implica establecer con claridad las características del producto que deseamos optimizar, las relaciones entre los factores, identificar cuáles son los factores de control y cuáles factores de ruido. En fin todos los elementos que en el diseño deben cumplir con los requerimientos de calidad y costo. El conocimiento ingenieril del producto y del tema es fundamental en esta etapa (Marfil, 1991).

Marfil (1991) menciona que cuando se trata de Ingeniería de Calidad en línea, es muy importante en esta etapa involucrar a los operarios y personal directamente implicado en el problema para identificar los factores de control y de ruido. El uso de técnicas tales como diagramas de Pareto, Ishikawa, histogramas de frecuencia, etc., son de mucha utilidad en esta etapa.

En el caso de nuevos productos/proceso (Ingeniería de Calidad fuera de línea) es fundamental llevar los requerimientos del cliente al sistema o modelo. En cualquier caso, la selección equivocada de factores nos llevarán al fracaso (Marfil, 1991).

2.6.1.2 Función pérdida

Según Marfil (1991), para Taguchi la calidad debe verse como la mínima pérdida ocasionada a la sociedad desde que el producto se embarca, esto en contraste con las definiciones de calidad tradicionales en donde los costos de producción (reproceso, inspección, reparación por garantía, etc.) son las principales medidas del desempeño en cuanto a calidad. La calidad no se puede conseguir a través de la inspección y selección de productos. El proceso y el producto deben estar diseñados para tener alta calidad al menor costo posible.

La pérdida se refiere al costo que se carga a la sociedad cuando el consumidor utiliza un producto cuyas características de calidad difieren de las nominales u objetivo (Montgomery, 1991). Hecho que parece obvio, pues se conoce que la calidad se deteriora cuando se desvía del objetivo, sin embargo, en las prácticas de Control de Calidad se olvidan estos principios y, a veces, se actúa en contra de ellos (Marfil, 1991).

Marfil (1991) menciona que generalmente se piensa que las pérdidas por mala calidad las absorbe el consumidor en el precio de venta del producto pues representan un costo de manufactura. Si el productor es ineficiente y sus productos son caros por implicar altos costos, finalmente estará fuera del mercado.

Para Taguchi la calidad debe ser definida en términos del sistema en su conjunto, no sólo considerando puntos aislados en donde se mide una característica de calidad en particular. La pérdida debe incluir costos debidos a la ineficiencia y pérdida de productividad causadas por la variación, tales como costos incrementales de mantenimiento, paros en la producción,

exceso de inventarios por ineficiencia y duplicidad de funciones, tiempo perdido en reuniones y discusiones improductivas, etc. (Marfil, 1991).

Marfil (1991) señala que aunque más difíciles de medir, se deben incluir costos originados a los consumidores por el mal desempeño del producto, mala confiabilidad y durabilidad, etc.

En la industria de alimentos, las situaciones pueden ser aún más riesgosas al tratarse de productos inseguros para el consumo, que pueden ocasionar daños a la salud de los consumidores (Marfil, 1991).

Yacuzzi *et al.* (2005), señalan que Taguchi se apartó de la sabiduría convencional que suponía que calidad equivalía a producir dentro de los márgenes de tolerancia, y postuló que el costo de la mala calidad se incrementa con el alejamiento del valor de diseño, produciendo una pérdida para la sociedad.

Según Arellano (2005), citado por Encina (2005), para describir lo que se entiende como “pérdida para la sociedad”, Taguchi, pone el siguiente ejemplo: Los granjeros del Japón usan lámparas de vinil para proteger sus cosechas del frío. Un productor de láminas de vinil trabaja dentro de las especificaciones de norma, pero está centrado en la zona inferior y tiene una producción muy uniforme. Así la empresa reduce costos. Pero esto originó tres tipos de pérdidas:

- Las láminas se rompían porque no resistían el viento.
- Los granjeros perdieron como resultado del daño a las cosechas.
- La reducción en la oferta de las cosechas causó la subida del precio, resultando una pérdida para la sociedad, la cual es absorbida como un costo adicional.

En este caso la pérdida para la sociedad es mayor que la ganancia para la industria.

Taguchi menciona que la función de pérdida vale cero cuando el desvío con respecto al parámetro objetivo es nulo y se incrementa cuadráticamente

cuando los valores de los productos fabricados se acercan a los límites de tolerancia. En otras palabras, los productos cercanos a los límites de tolerancia son productos casi defectuosos y los gerentes deben trabajar para reducir la variabilidad de sus procesos de producción. La función pérdida se define como:

$$L(y) = k(y - m)^2$$

donde:

- $L(y)$ indica la pérdida en unidades monetarias que sufre la sociedad.
- k es una constante específica de cada caso considerado.
- m es un valor objetivo que la dimensión de interés debe tener (m mide la calidad nominal o de diseño).
- y es el apartamiento que la dimensión de interés presenta con respecto al valor objetivo, m .

En contraste con el pensamiento tradicional sobre la calidad, que sólo penaliza los valores de “ y ” que superan los límites de tolerancia, Taguchi considera que todo apartamiento del valor objetivo es un costo para la sociedad y como tal debe ser penalizado (Yacuzzi *et al.*, 2005).

La forma de la curva depende del tipo de característica de calidad, las cuales pueden ser:

- a. **Nominal es mejor:** La calidad es mayor cuando se acerca al valor nominal (Ej.: color, grados Brix, acidez, textura, etc.). La Figura 5 muestra la relación nominal es mejor.
- b. **Mayor es mejor:** La calidad es mayor cuando la característica es mayor (Ej.: eficiencia, algunos atributos sensoriales, vida útil, etc.). Esta relación se observa en la Figura 6.
- c. **Menor es mejor:** La calidad es mayor cuando la característica es menor (porcentaje de defectuosos, índices microbiológicos de calidad, etc.). En la Figura 7 se observa esta relación (Marfil, 1991).

La función pérdida se puede utilizar para establecer las tolerancias de fabricación, en función de los requerimientos de los consumidores y teniendo como objetivo el minimizar las pérdidas por mala calidad. A menor variación existirá menor pérdida y, en consecuencia, mayor calidad (Marfil, 1991).

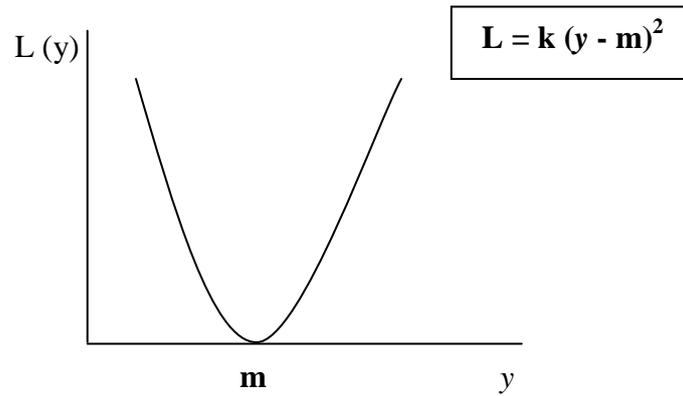
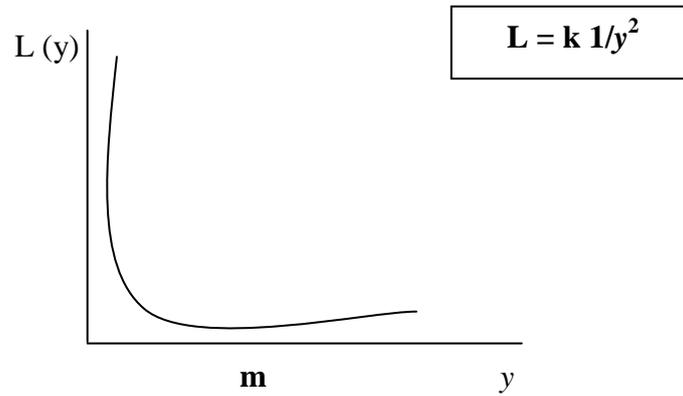
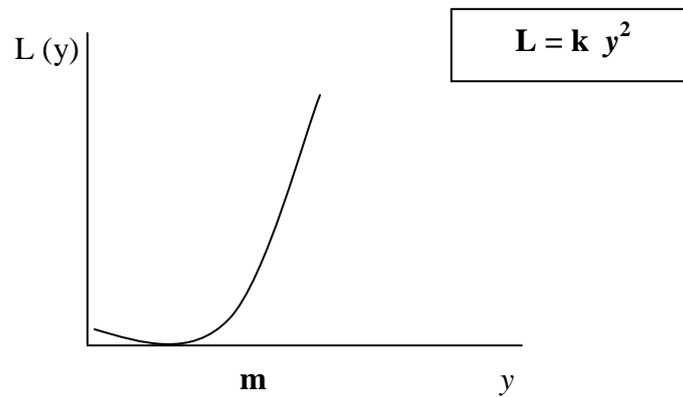
2.6.1.3 Arreglos Ortogonales

Arellano (2005), citado por Encinas (2005), señala que el arreglo ortogonal es una herramienta ingenieril que simplifica y en algunos casos elimina gran parte de los esfuerzos del diseño estadístico, es una forma de examinar simultáneamente muchos factores a bajo costo. Taguchi recomienda el uso de arreglos ortogonales para hacer matrices que contengan los controles y los factores de ruido en el diseño de experimentos.

Los arreglos ortogonales son herramientas que permiten al ingeniero evaluar que tan robustos son los diseños del proceso y del producto con respecto a los factores ruido (Montgomery, 2002).

Arellano (2005), citado por Encinas (2005), menciona que el análisis del arreglo ortogonal de Taguchi es usado para producir los mejores parámetros para el diseño óptimo del proceso con el mínimo de experimentos (pruebas). Los resultados obtenidos para los arreglos ortogonales son analizados para obtener los siguientes objetivos:

- Estimar la contribución de los factores individuales que influyen en la calidad en la etapa del diseño del producto.
- Ganar la mejor condición para un proceso o un producto, así que las características en una buena calidad puedan ser sostenidas.

Figura 5: Nominal es mejor.**Figura 6: Mayor es mejor.****Figura 7: Menor es mejor.**

Fuente: Marfil (1991).

Fernández (2002) menciona que el uso de arreglos ortogonales representa una gran ventaja del procedimiento de Taguchi al permitir minimizar el número de ensayos o prototipos necesarios para la experimentación. Un problema asociado a los diseños factoriales es el aumento exponencial de las experimentaciones necesarias cuando se añaden variables al diseño. El arreglo ortogonal es una fracción del diseño factorial donde solamente se tienen en cuenta ciertas combinaciones de los niveles de las variables de entrada, de tal forma que se optimiza la cantidad de información extraída utilizando un número menor de ensayos (Cuadro 7).

Según Arellano (2005), citado por Encina (2005), la ventaja de los arreglos ortogonales es que pueden ser aplicados al diseño experimental involucrando un gran número de factores. La desventaja del arreglo ortogonal es que puede ser únicamente aplicado en la etapa inicial del diseño del sistema del producto o proceso. Un arreglo ortogonal permite asegurar que el efecto de “B” en “A₁” es el mismo efecto de “B” en “A₂”. Así se podrá estar seguro de que se está haciendo comparaciones entre efectos de niveles de un factor.

Marfil (1991) señala que los arreglos ortogonales encuentran aplicación en la industria de alimentos, sobre todo para el desarrollo de productos y procesos. Por ejemplo: en el desarrollo de fórmulas para determinados productos, generalmente se encuentra que existen gran cantidad de ingredientes, cada uno de los cuales tiene su razón de estar en la fórmula. Sin embargo, se agregan en niveles recomendados por el fabricante o en base a la experiencia o literatura diversa. Si se desea conocer el efecto que tienen los ingredientes sobre una característica determinada, experimentar a dos niveles, se necesita hacer un mínimo de $2^{10} = 1024$ experimentos. Con el uso de arreglos ortogonales, uno de los métodos Taguchi, el número de experimentos podrían reducirse a 12, 16 ó 32 según el número de interacciones existentes, lo cual es un ahorro significativo.

En la Cuadro 8 se muestra un arreglo ortogonal $L_a(b^c)$ para el diseño de un producto alimenticio, donde:

- L: indica que es un arreglo ortogonal.
- a: Número de corridas experimentales.
- b: Número de niveles para cada factor.
- c: Número de columnas o factores de un arreglo ortogonal.

El arreglo ortogonal presentado en el Cuadro 8 corresponde a un L_8 , en el cual hay 7 columnas que representan a cada uno de los 7 factores (ingredientes) que influyen en la percepción sensorial del sabor del producto alimenticio.

Los niveles de cada factor son indicados por los números 1 ó 2. El cuadro también presenta 8 filas que representan el número de fórmulas que se deben ensayar, en donde cada una de ellas indica una combinación de niveles del ingrediente que se va a probar. La columna de resultados, representa el resultado experimental obtenido bajo diferentes condiciones, los mismos que permiten realizar comparaciones entre los niveles de cada factor.

Taguchi ha simplificado el uso de los arreglos ortogonales para proyectos concretos, tabulando los arreglos standards posibles y asignando gráficas lineales que ayudan a conocer la estructura del diseño. Taguchi emplea los arreglos ortogonales para evaluar el efecto de los factores con respecto a la robustez (Yacuzzi *et al.*, 2005).

Adicionalmente, Taguchi considera la interacción de los factores, para lo cual anexa líneas gráficas. Sin embargo, recomienda seleccionar adecuadamente factores tales que su interacción sea mínima o desechable, a fin de evitar la consideración de las líneas gráficas (Montgomery, 2002).

Cuadro 7: Arreglos ortogonales más usuales.

Arreglo Ortogonal	Nº de factores	Nº de niveles por factor	Nº de ensayos requeridos al arreglo ortogonal	Nº de ensayos en el clásico diseño factorial completo
$L_8(2)^7$	7	2	8	128
$L_9(3)^4$	4	3	9	81
$L_{12}(2)^{11}$	11	2	12	2048
$L_{16}(2)^{15}$	15	2	16	32768
$L_{18}(2^1 \times 3^7)$	1-7	2-3	18	4374

Fuente: Fernández (2002).

Cuadro 8: Arreglo Ortogonal $L_8(2^7)$.

	7 FACTORES (Ingredientes) – 2 NIVELES CADA UNO							
Fórmulas	1	2	3	4	5	6	7	Resultado Sabor
1	1	1	1	1	1	1	1	Resultado 1
2	1	1	1	2	2	2	2	Resultado 2
3	1	2	2	1	1	2	2	Resultado 3
4	1	2	2	2	2	1	1	Resultado 4
5	2	1	2	1	2	1	2	Resultado 5
6	2	1	2	2	1	2	1	Resultado 6
7	2	2	1	1	2	2	1	Resultado 7
8	2	2	1	2	1	1	2	Resultado 8

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.1.4 Diseño de Parámetros

Fernández (2006) menciona que el Diseño de Parámetros es la etapa más importante del diseño donde realmente se encuentran las oportunidades de conseguir alta calidad a bajo costo.

Montgomery (2002) señala que el objetivo del diseño de parámetros es determinar los valores de los parámetros de un producto/proceso de tal forma que el producto sea funcional, exhiba un alto nivel de performance y sea sensitivo al mínimo a los ruidos. En otras palabras especificar los valores nominales de los parámetros de tal modo que se minimice la variabilidad transmitida por variables incontrolables (o ruido).

Para Arellano (2005), citado por Encina (2005), el diseño de parámetros típico envuelve 2 tipos de factores: factores de control y factores de ruido.

- Un factor de control, es un factor cuyo nivel puede ser establecido y mantenido. Es decir son aquellos parámetros cuyos valores nominales se pueden modificar a voluntad del diseñador y una vez prefijados permanecen constantes a lo largo de la vida útil del producto.

- Un factor de ruido (factor incontrolable) es aquel cuyo nivel ni puede ni podrá ser establecido y mantenido, no obstante podría afectar la performance de las características funcionales. Es decir son aquellos factores que son difíciles, costosos o imposibles de gobernar. Sus valores o niveles pueden cambiar de una unidad a unidad, de un ambiente a otro o de vez en vez.

Fernández (2006) menciona que el ruido provoca variabilidad en el producto, es decir, desviaciones de los valores reales de las características de calidad con respecto a los valores deseados, con la consecuente reducción del nivel de calidad. Sin embargo, su efecto ha sido considerado por los técnicos occidentales como la variabilidad intrínseca del sistema.

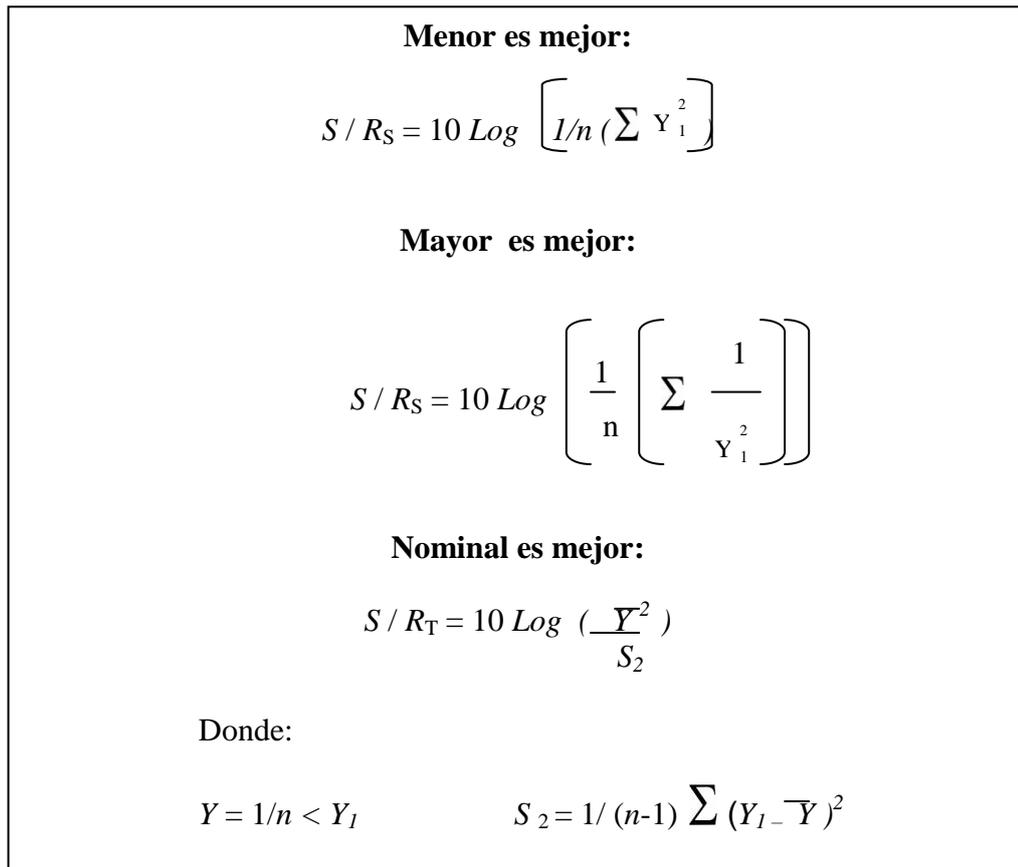
En la metodología de Taguchi no se controla el ruido ya que, si no es imposible, es generalmente muy costoso; en lugar de eliminar las causas de variación intrínseca se minimiza su influencia, a través de una adecuada elección de los niveles de los parámetros de control que hagan que el producto sea robusto o insensible al ruido (Fernández, 2006).

El diseño de parámetros involucra el análisis de los resultados de la experimentación utilizando el factor señal/ruido, seleccionando los niveles adecuados de los factores. Para la experimentación, Taguchi recomienda el uso de arreglos ortogonales, en lugar de experimentos factoriales completos u otros arreglos (Marfil, 1991).

Marfil (1991) señala que el arreglo de los factores de control se denomina arreglo interno, en tanto que para los factores de ruido es necesario colocar un arreglo externo en la experimentación. Con esos resultados se calcula la relación señal/ruido (S/R) desarrollada por Taguchi (Figura 8).

Para Taguchi, la forma de la razón S/R está ligada directamente a la función pérdida. Esta razón es una evaluación de la estabilidad de performance de una característica de salida. La función pérdida permite evaluar el efecto de la estabilidad en términos monetarios. Mayor performance es medida por una razón mayor de S/R, implica menor pérdida. La razón S/R así como la función pérdida son medidas objetivas de la calidad que consideran tanto la media como la variación. De manera similar a la función pérdida se tienen 3 tipos de razones S/R:

- Lo más grande lo mejor.
- Lo más pequeño lo mejor.
- El valor nominal lo mejor.

Figura 8: Factor Señal/Ruido (S/R).

Fuente: Marfil (1991).

Marfil (1991) menciona que la relación S/R implica dos términos: la variación y la desviación contra el promedio o valor nominal. En su forma experimental la S/R es simplemente la razón de la media a la desviación estándar (o el inverso del coeficiente de variación). La S/R debe maximizarse para lograr un diseño robusto.

Después del cálculo de la relación S/R y de las medias para cada grupo de experimentos, se realiza la construcción de gráficas lineales mediante el cálculo del efecto promedio de los factores.

En la Figura 9, como ejemplo, se presenta como gráficas factoriales, el resultado del cálculo del efecto promedio de factores.

Se observa que los factores B, D, F y G son los factores activos a través de los cuales se puede disminuir la variabilidad de los defectos, pues tienen mayor relación S/R, ubicándoles en donde la relación S/R sea mayor. Para el caso de los factores C y D no sucede gran cosa si se pasa del nivel 1 al 2 en cuyo caso puede ubicarse en el nivel de menor costo.

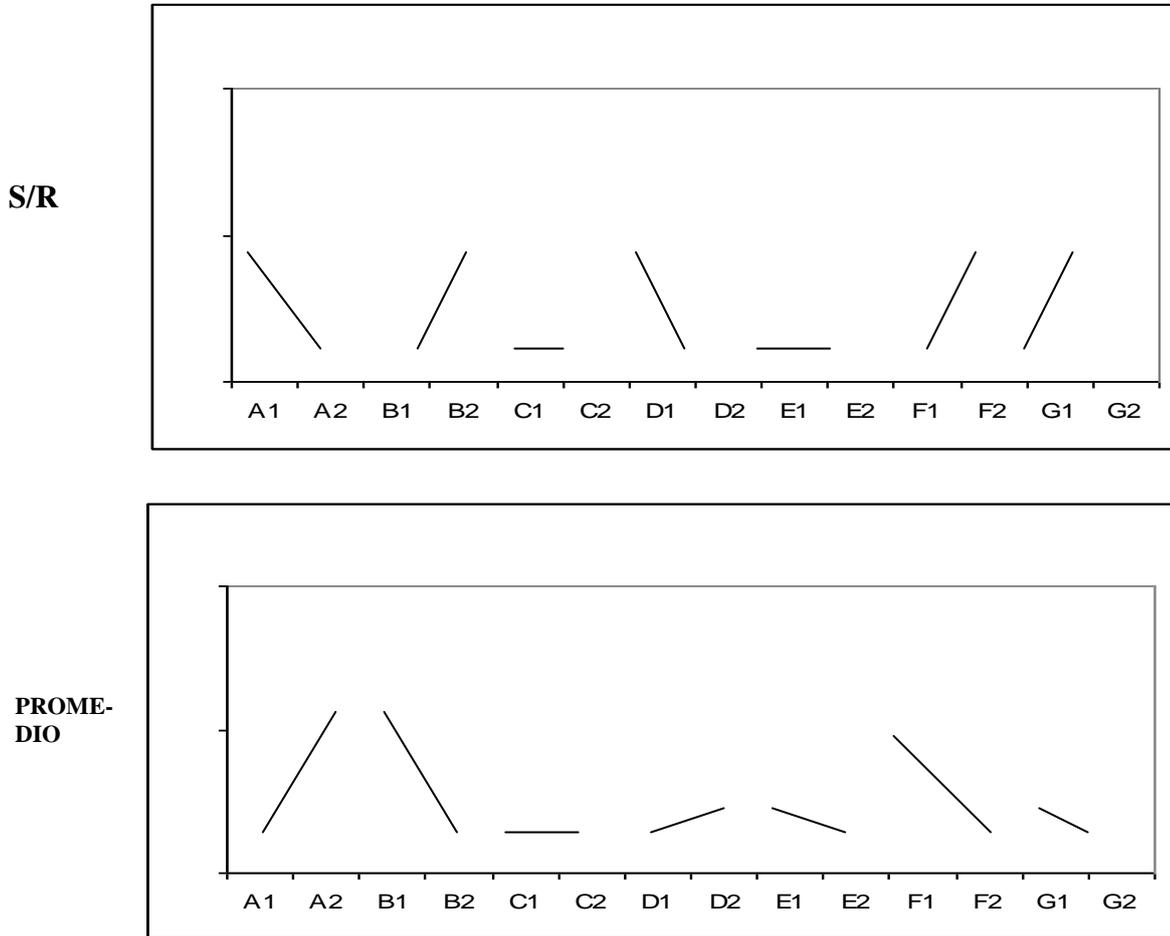
Para el caso del promedio los factores activos serán A, B y F, debiéndose ubicar en los niveles de menor promedio de defectos. Estos factores permiten mover todos los resultados, hacia abajo o arriba mientras que los factores B, D, F y G permiten reducir la variabilidad (Marfil, 1991).

2.6.1.5 Comparación entre el diseño experimental y clásico

Tanto el diseño de experimentos como los métodos Taguchi sirven para optimizar procesos que tienen entradas controlables y salidas medibles. Ambas metodologías trabajan con múltiples entradas que afectan a la salida por medir. Su diferencia fundamental radica en la forma en que cada método maneja las interacciones entre los factores de entrada (Yacuzzi *et al*, 2005).

En el Cuadro 9 se resumen las características principales del diseño de experimentos y los métodos de Taguchi.

Figura 9: Análisis de gráficas factoriales.



Donde el cálculo de efectos promedio será:

$$A_1 = \frac{S/R_1 + S/R_2 + S/R_3 + S/R_4}{4}$$

$$A_2 = \frac{S/R_5 + S/R_6 + S/R_7 + S/R_8}{4}$$

$$B_1 = \frac{S/R_1 + S/R_2 + S/R_5 + S/R_6}{4}$$

$$B_2 = \frac{S/R_3 + S/R_4 + S/R_7 + S/R_8}{4}$$

Etc.....

Fuente: Marfil (1991).

Cuadro 9: Características principales del Método de Taguchi y el Diseño experimental clásico.

Métodos de Taguchi	Diseño de Experimentos Clásico
<ul style="list-style-type: none"> - Suponen que los usuarios de estos métodos poseen cierto entendimiento del proceso estudiado y de las interacciones subyacentes entre las entradas. - Fueron inventados “por ingenieros para ingenieros”. - Trabaja con una porción pequeña de las posibles combinaciones de factores de entrada, de una manera que permite calcular los efectos de todos los factores de entrada en el resultado de interés. - Para Taguchi, algunas variables están bajo control, y otras no (factores de ruido). El diseño Taguchi usa los factores de ruido para contrastar la robustez del sistema, así como para encontrar las entradas óptimas. - Taguchi sugiere una ronda final de experimentos de confirmación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Supone que los usuarios no tienen un conocimiento profundo de los mecanismos que gobiernan el proceso investigado. - Fue inventado “por científicos para científicos”. - Prueba con todas las combinaciones de niveles de entrada. - Ignora o no considera explícitamente los factores de ruido. - No sólo se estudian todas las interacciones, sino que ellas se estudian al mismo tiempo, en una misma ronda de pruebas.

Fuente: Yacuzzi *et al.*, (2005).

2.6.2 Metodología de Superficie Respuesta

La metodología de superficies de respuesta, (MSR o RSM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 1991).

La MSR permite al investigador inspeccionar una respuesta, que se puede mostrar como una superficie, cuando los experimentos investigan el efecto que tiene el variar factores cuantitativos en los valores que toma una variable dependiente o respuesta, de tal forma que trata de encontrar los valores óptimos para las variables independientes que maximizan, minimizan o cumplen ciertas restricciones en la variable respuesta (Figuroa, 2003).

Montgomery (1991) señala que si un ingeniero químico desea determinar los niveles de temperatura (x_1) y presión (x_2) que maximizan el rendimiento (y) de un proceso, el rendimiento del proceso es función de los niveles de temperatura y presión, es decir:

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon$$

Donde ε representa el ruido o error observado en la respuesta y .

Si la respuesta esperada se denota por $E(y) = f(x_1, x_2) + \varepsilon = \eta$, entonces la superficie representada por:

$$\eta = f(x_1, x_2)$$

se denomina superficie de respuesta.

Es posible representar gráficamente la superficie de respuesta como se muestra en la Figura 10, donde η se grafica contra los niveles de " x_1 " y " x_2 ", representándose la respuesta como una superficie sólida en un espacio tridimensional (Montgomery, 1991).

Para visualizar mejor la forma de una superficie de respuesta, a menudo se grafican los contornos de dicha superficie como se muestra en la Figura 11,

en esta gráfica de contornos, se trazan líneas de respuesta constante en el plano x_1, x_2 . Cada contorno corresponde a una altura específica de la superficie de respuesta, dicha gráfica es útil para estudiar los niveles de “ x_1 ” y “ x_2 ” que dan por resultado cambios en la forma o altura de la superficie de respuesta (Montgomery, 1991).

Méndez (2007) menciona que los objetivos de la metodología de Superficie de Respuesta (MSR) son:

1. Encontrar los valores de las $x^{(s)}$ que optimizan (minimizan o maximizan) la respuesta.
2. Caracterizar la función η en alguna región limitada o de interés.

Montgomery (1991) menciona que en la mayoría de los problemas de la metodología de superficies de respuesta, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes se desconoce. Por ello, el primer paso en la metodología de superficie de respuesta consiste en determinar una aproximación apropiada a la relación funcional real entre “ y ” y el conjunto de variables independientes.

Figuroa (2003) señala que la representación matemática de los modelos de la metodología de superficie respuesta puede ser de diversas maneras:

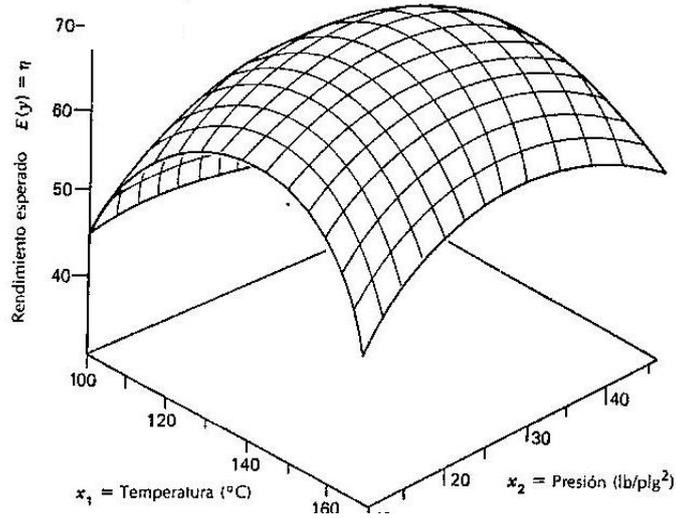
- Un modelo de primer orden (lineal) sin interacciones o productos cruzados:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + e.$$

- El modelo lineal de primer orden con interacciones:

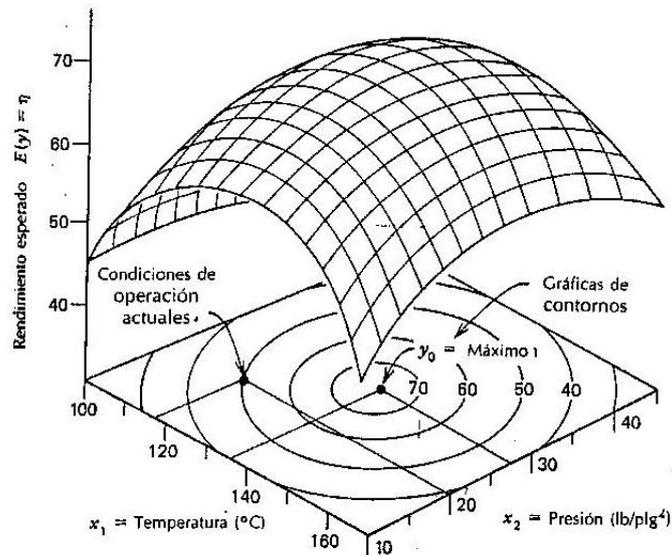
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} \beta_{ij} x_i x_j + e$$

Figura 10: Superficie de respuesta tridimensional en la que se observa el rendimiento esperado (η) en función de temperatura (x_1) y presión (x_2).



Fuente: Montgomery (1991).

Figura 11: Gráfica de contornos de una superficie de respuesta.



Fuente: Montgomery (1991).

- El modelo cuadrático o de segundo orden se emplea cuando existe curvatura en el sistema:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + e$$

Donde “e” representa el ruido o error observado en la respuesta “y”.

En la metodología de superficie de respuesta se supone que la variable respuesta “y” está en función de los niveles de los factores cuantitativos representados por las variables x_1, x_2, \dots, x_k .

Los modelos polinomiales se utilizan como una aproximación a la función de respuesta real, y generalmente son buenas aproximaciones cuando se trabaja en pequeñas zonas de los factores cuantitativos.

Cuando se trabaja con dos factores y se utiliza el modelo lineal ajustado de primer orden

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2$$

la superficie de respuesta y sus curvas de nivel, que son las líneas con valores iguales de respuesta.

Si el modelo anterior se convierte en un modelo de segundo orden, el modelo ajustado sería:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_{11} x_1^2 + \hat{\beta}_{22} x_2^2 + \hat{\beta}_{12} x_1 x_2$$

Figuroa (2003) menciona que en la fase inicial del estudio de una superficie de respuesta se trata de identificar la región de respuesta óptima y para ello se utilizan experimentos factoriales completos 2^k o fraccionarios 2^{k-p} , con el fin de estimar las respuestas medias para un modelo lineal o de primer orden.

Figuroa (2003) señala que se recomienda generalmente agregar dos o más observaciones en el nivel medio de cada uno de los factores para estimar el

error experimental y tener un mecanismo de evaluación para saber si el modelo lineal es apropiado.

Identificada la región de respuesta óptima, los diseños factoriales completos o fraccionarios a dos niveles no son suficientes, pues se requieren al menos tres niveles para cada factor y el diseño debe de tener $1+2k + k(k-1)/2$ puntos distintos para estimar los parámetros de un modelo de regresión cuadrática (Figuroa, 2003).

La estimación de los parámetros del modelo se hace más eficazmente si se utilizan los diseños experimentales apropiados para recopilar los datos. A menudo, los diseños usados para ajustar superficies de respuesta se denominan diseños de superficie de respuesta (Montgomery, 1991).

Existen varias clases de diseños desarrollados para la aproximación a una superficie de segundo orden, que no requieren tantas combinaciones de tratamientos como los diseños factoriales 3^k y donde cada uno de ellos posee ciertas características y propiedades (Figuroa, 2003).

Una propiedad muy importante en la elección de un diseño de superficie de respuesta es la rotabilidad y dado que la finalidad de la superficie de respuesta es la optimización, al no conocerse la localización del óptimo antes de correr el experimento, se hace necesario usar un diseño que proporcione estimaciones igualmente precisas en todas direcciones (Montgomery, 1991).

Montgomery (2002) señala que los diseños 3^k y sus fracciones no son buenas elecciones como diseños de superficies de respuesta de segundo orden debido a que no son rotables, a diferencia del diseño compuesto central que al serlo es probablemente el más utilizado para ajustar este tipo de modelos.

Adicionalmente, el diseño central compuesto presenta la propiedad de “crecer” a partir de un diseño de primer orden (el 2^k) agregando los puntos axiales y quizás algunos puntos centrales (Montgomery, 1991).

Un diseño rotatable (o casi rotatable) que requiere tres niveles de cada factor es el diseño Box-Behnken que se forma combinando factoriales 2^k con diseños de bloques incompletos. Los diseños resultantes suelen ser más eficientes en términos del número de corridas requerido, este diseño no contiene puntos en los vértices de la región cúbica creada por los límites superior e inferior para cada variable. Hecho ventajoso cuando los puntos en las esquinas del cubo representan combinaciones factor-nivel que son prohibitivamente costosas o imposibles de probar debido a restricciones físicas del proceso (Montgomery, 2002).

Méndez (2007) menciona que en la metodología de Superficie de Respuesta es frecuente la experimentación secuencial para ir localizando los puntos de operación óptima. Usualmente se inicia con diseños de primer orden y en la cercanía del óptimo se usa un diseño de 2do. orden, rara vez de 3er. orden, esto es por considerar que el óptimo será un máximo o un mínimo absoluto.

El punto óptimo se determina por las coordenadas del pico de una montaña (o el punto más profundo de una fosa), sin embargo, puede ser que no exista un óptimo, es decir que sea un punto silla o “cordillera” donde no hay un solo punto óptimo. Por tanto, es muy importante determinar que tipo de función (Superficie de Respuesta) se tiene en cada caso. Del tipo de función dependerá la localización de un óptimo y también la velocidad con la cual se determine ese óptimo usando la experimentación secuencial (Méndez, 2007).

El objetivo eventual de la metodología de superficie de respuesta consiste en determinar las condiciones de operación óptima para un sistema, o determinar la región del espacio de los factores en la que satisfacen las condiciones de operación (Montgomery, 1991).

2.6.2.1 Optimización

En todo proceso de optimización el punto de partida básico es definir adecuadamente un criterio de optimización, en otras palabras, definir que es lo que deseamos optimizar. Es decir se debe escoger entre las diversas alternativas productivas (variables dependientes), aquella o aquellas que bajo algún criterio nos brinde los mejores resultados.

La relación del criterio de optimización a las variables independientes consideradas en el estudio se denomina función objetivo. Ayala (1995) señala que el principal objetivo en un proceso de optimización es maximizar o minimizar una determinada función objetivo.

Ureña y Velezmoro (2002), citados por Ormeño (2004), señalan que la optimización puede ser dividida en etapas que se caracterizan por:

- La definición de la función objetivo (respuesta). Puede haber uno o más criterios a ser observados.
- La determinación de los factores (variables) que presentan influencias significativas sobre la respuesta que se desea optimizar.
- La optimización propiamente dicha, esto quiere decir, buscar la combinación de los valores de los factores seleccionados que resulten en la mejor respuesta (maximización o minimización).

La optimización de una formulación puede realizarse aplicando los métodos de Taguchi y de Superficie de Respuesta.

Según Ayala (1995) la optimización de un proceso por medio de diseños experimentales requiere del uso de una metodología o estrategia adecuada que involucra tres etapas fundamentales:

1. Screening o eliminación de variables poco significativas
2. Escalamiento, que consiste en acercarse sucesivamente hacia la región óptima.

3. Optimización final, que consiste en describir la región óptima por medio de modelos matemáticos de segundo orden para luego hallar condiciones óptimas para el proceso investigado.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Empresa Buenos Productos S.A.

Las pruebas de aceptabilidad de la bebida proteica baja en calorías a base de soya, cacao e inulina se realizaron en las instalaciones del auditorio de la Empresa Buenos Productos S.A. durante los meses de setiembre y octubre del 2007, así como durante los meses de enero y febrero del año 2008.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materias Primas e Insumos

- Proteína aislada de soya.
- Cocoa alcalina en polvo.
- Suero de leche.
- Inulina en polvo.
- Goma xantano.
- Maltodextrina en polvo.
- Lecitina de soya en polvo.
- Silicato de calcio.
- Aspartame.
- Acesulfame.
- Saborizante (Etilvainillina).

3.2.2 Equipos

- Balanza digital OHAUS[®]. Modelo ARA 520.
- Viscosímetro rotacional Brookfield[®]. Modelo DV-II + Pro.

3.2.3 Materiales

- Vaso térmico de 4 onzas con tapa.
- Formatos de prueba afectiva: Aceptabilidad sensorial en función al atributo sabor.

- Muestras de la bebida proteica a base de soya, cacao e inulina.
- Softwares: Statistica® versión 5.5 y Statgraphics® versión 5.

3.2.4 Jueces sensoriales

El staff de jueces que participó en la evaluación sensorial del presente trabajo de investigación (tercera y cuarta etapa) estuvo conformado por personal colaborador de la Empresa Buenos Productos S.A.

Los participantes fueron elegidos por representar a consumidores finales, con costumbres de consumo generales y por presentar aparentemente estado psicossomático satisfactorio.

Para la prueba de aceptabilidad sensorial, ubicados los jueces en sus respectivos asientos se procedió a entregar a cada uno de ellos una cartilla de respuesta (formato) y un lapicero, realizando posteriormente una breve explicación sobre el llenado adecuado de la cartilla.

El grupo de jueces participante en las pruebas de aceptabilidad sensorial desarrollada durante la tercera etapa de la investigación y durante la optimización de la formulación de la bebida (cuarta etapa), estuvo conformado por personas de ambos sexos, entre las edades de 21 a 37 años.

El número de jueces que participaron durante la evaluación sensorial de la tercera etapa de investigación (determinación de los factores y los niveles que influyen significativamente en la aceptabilidad de la bebida aplicando la metodología de Taguchi) fue igual a 400, los mismos que fueron divididos en 8 grupos de 50 personas cada uno, evaluando cada grupo de 50 personas una misma fórmula, 2 veces, pero en diferentes sesiones (réplica); obteniéndose con ello 100 resultados para cada formulación de la bebida de soya, cacao e inulina y un total general de 800 resultados.

Para la evaluación sensorial de la cuarta etapa de investigación (optimización de la formulación de la bebida), los resultados fueron tratados mediante la aplicación de la metodología de Superficie de Respuesta. En esta etapa se contó con la presencia de 50 jueces, quienes evaluaron cada una de las 15 formulaciones establecidas para la bebida (una por día) en la primera superficie de respuesta, obteniéndose un total de 750 resultados.

Los 50 jueces que participaron en la primera superficie de respuesta también lo hicieron durante la segunda superficie de respuesta (niveles de los factores modificados), evaluando al igual que para el primer caso, cada una de las 15 formulaciones establecidas para la bebida incluyendo la fórmula óptima, obteniéndose con ello un total de 800 resultados.

Es importante señalar que en las evaluaciones sensoriales realizadas durante la tercera y cuarta etapa de investigación, los jueces participantes no evaluaron más de una formulación por día.

La ficha de evaluación sensorial utilizada fue la misma tanto para la tercera como para la cuarta etapa de investigación (Anexo 1).

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1 Análisis Físicoquímicos

PROXIMAL

- Determinación de humedad, AOAC 931.04 (1998).
- Determinación de proteínas, AOAC 970.22 (1998).
- Determinación de grasa, AOAC 963.15 (1998).
- Determinación de cenizas, AOAC 972.15 (1998).
- Determinación de fibra dietaria total, AOAC 985.29 (1998).
- Determinación de carbohidratos, por diferencia MS-INN Collazos (1993).

OTROS

- Determinación de la Energía Total, por diferencia MS-INN Collazos 1993.
- Determinación del Porcentaje de Kilocalorías proveniente de las grasas, por diferencia MS-INN Collazos 1993.
- Determinación de sodio, AOAC 985.35 (1998).
- Determinación de calcio, AOAC 985.35 (1998).
- Determinación de hierro, AOAC 985.35 (1998).
- Determinación de ácidos grasos, AOAC 940.28 (1998).
- Determinación de azúcares totales (Rangana, 1979).
- Viscosidad aparente: Se determinó usando el viscosímetro rotacional de Brookfield®, mencionado por Salas (1981).

3.3.2 Análisis Sensorial

Ureña y D'Arrigo (1999) señalan que para determinar el grado de satisfacción de los consumidores en respuesta a la medida de como cumple un alimento evaluado con sus requerimientos o expectativas, se hace uso de escalas de categorización adimensionadas o dimensionadas relativas aplicadas en análisis como el de “apreciación hedónica” y el de “actitud”.

Las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban. Al utilizar las escalas hedónicas se logra objetivizar las respuestas de los jueces acerca de las sensaciones provocadas por un producto alimenticio (Anzaldúa-Morales, 1994).

Para la prueba de aceptabilidad sensorial se utilizó una escala no estructurada de 10 cm, según lo descrito en la cartilla de evaluación del Anexo 1. Anzaldúa-Morales (1994) menciona que una escala no estructurada es aquella en la cual únicamente se cuenta con puntos extremos (mínimo y máximo) y el juez debe expresar su apreciación de la intensidad de un atributo de un alimento marcando sobre una línea comprendida entre ambos

extremos. El juez debe marcar con una cruz o una pequeña raya vertical el punto donde él considera que corresponde a la calificación que él otorga al producto, ya sea cerca del mínimo, cerca del centro, o cerca del máximo, según sea la intensidad del atributo.

En la escala empleada de 10 cm, se asignó la categoría “me desagrada mucho” al extremo izquierdo de la línea, al punto medio “ni me agrada ni me desagrada” y al extremo derecho de ésta “me agrada mucho”.

Ureña y D'Arrigo (1999) mencionan que las escalas de calificación permiten transformar las categorías asignadas a las muestras por los jueces, como respuestas a la intensidad del estímulo percibido, a valores numéricos para su análisis estadístico correspondiente.

La interpretación de los resultados de las calificaciones otorgadas por los jueces se realizó efectuando la transformación de las lecturas (longitudes a partir del mínimo hasta el punto marcado por el juez) según lo citado por Anzaldúa-Morales (1994).

3.3.3 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial realizada a las diferentes fórmulas, se calculó la desviación estándar en cada una de las respuestas otorgadas por los jueces con la finalidad de conocer la discrepancia entre ellos, según lo señalado por Pedrero y Pangborn (1996).

Los resultados obtenidos en la etapa de “Determinación de los factores y los niveles que influyeron significativamente en la aceptabilidad de la bebida” (tercera etapa) fueron tratados mediante el paquete estadístico Statistica[®] (versión 5.5), y los resultados experimentales obtenidos en la etapa de “Optimización de la formulación” (cuarta etapa) fueron analizados mediante el paquete estadístico Statgraphic[®] (versión 5).

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología experimental que se siguió para la elaboración y optimización de la bebida proteica a base de soya, cacao e inulina se dividió en cinco etapas:

3.4.1 Etapa I –Determinación del Concepto del Producto

Siguiendo la metodología ensayada por Gallegos (2003), el concepto del producto se determinó mediante *focus-group*, con la participación de personal con amplia experiencia y con formación idónea en el campo de investigación y desarrollo de productos, cuyas referencias se muestran en el Anexo 2.

Considerando el producto, el mercado meta, la competencia y los costos, las ideas generadas fueron filtradas, concibiéndose una idea general: “Bebida nutritiva de soya con bajo aporte de calorías e inulina”, y cuatro conceptos bases:

- Bebida instantánea reforzada con soya, baja en calorías, con alto contenido de proteínas e inulina.
- Bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, ideal para el público en general que desea una dieta sana y mantener la salud del tracto gastrointestinal.
- Bebida dietética de soya, con alto contenido de proteínas e inulina.
- Bebida instantánea con proteína de soya, baja en calorías y con inulina.

Conceptos que se sometieron a evaluación mediante una sesión de *focus-group* (Anexo 3).

Traill (1997), citado por Gallegos (2003), señala que *focus-group* es una técnica de investigación cualitativa en forma de discusiones abiertas y sin prejuicios, sobre temas previamente acordados por un grupo pequeño seleccionado de una población objetivo para permitir la expresión libre de percepciones, opiniones, actitudes y patrones de comportamiento.

3.4.2 Etapa II -Formulación y Elaboración de la Bebida en polvo

Para elegir la formulación base, se consideró dos términos “alto valor proteico comercial” y “bajo en calorías”, para ello se buscó cumplir con las exigencias establecidas al respecto en el *Codex Alimentarius* (1997) y en la U.S. Food and Drug Administration (1995).

La FDA (1995) señala que un producto “bajo en calorías” debe presentar 40 calorías o menos por porción, en tanto que el *Codex Alimentarius* (1997) establece que un alimento puede ser declarado con “alto contenido de proteínas” cuando contiene 10% del Valor de Referencia del Nutriente (VRN) por porción de alimento. El *Codex Alimentarius* señala que el VR para la proteína es de 50 g.

Considerando los criterios expuestos y la rápida solubilidad que debe tener las bebidas en polvo, se realizó la formulación preliminar de la misma en base a los ingredientes de las bebidas tradicionales presentes en el mercado (Cuadro 10), así como de las referencias literarias: Deshpande *et al.* (2007), U.S. Dairy Export Council (2004) y la Norma Técnica Peruana (NTP 208.007.1999).

Con la finalidad de cumplir con las exigencias previstas para la bebida a desarrollar, se realizaron las modificaciones respectivas para pasar de una fórmula convencional a una fórmula baja en calorías y alta en proteínas, por tal motivo, se decidió reemplazar los ingredientes que aportan mayor energía en la formulación tradicional de una bebida: azúcar y leche, por los siguientes ingredientes: edulcorante, suero de leche y maltodextrina.

Se decidió adicionar a la fórmula una nota de vainilla con la finalidad de atenuar el sabor característico de la soya. Genzling (2004) señala que normalmente para enmascarar u ocultar un poco el sabor intenso de la soya se emplean notas relacionadas con la vainilla, con la leche y notas cremosas.

Se realizaron algunas pruebas preliminares para determinar de manera aproximada los porcentajes de los insumos a partir de los cuales se conformaría la fórmula base.

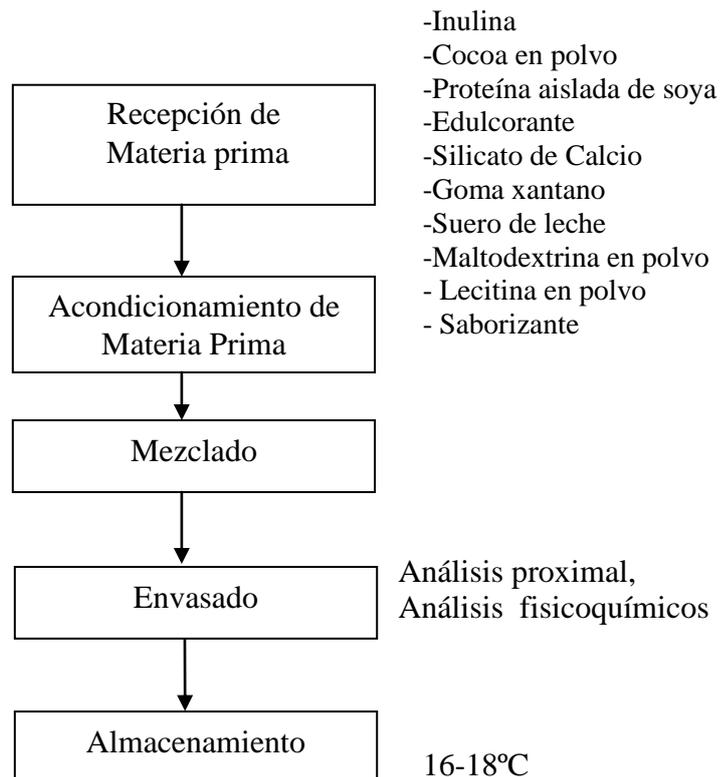
El proceso de elaboración y los parámetros determinados se describen a continuación y se muestran en la Figura 12.

- a) **Recepción de materia prima:** Los insumos empleados en la elaboración de la bebida en polvo son recepcionados y almacenados adecuadamente hasta su uso.
- b) **Acondicionamiento de la materia prima:** Los insumos requeridos para el proceso son pesados según la dosificación obtenida previamente por ensayos de formulación.
- c) **Mezclado:** Los insumos pesados son colocados uno a uno en una bolsa de polietileno de primer uso. Una vez adicionados todos los ingredientes, la bolsa es cerrada en forma hermética para posteriormente proceder a sacudir la bolsa hacia arriba, hacia abajo y hacia los costados con la finalidad de lograr la completa homogenización de la mezcla pulverulenta.
- d) **Envasado:** La mezcla homogénea fue envasada según gramaje determinado (180 g).
- e) **Almacenamiento:** Beckett (1994) aconseja que productos de este tipo deben ser almacenados en ambientes que mantengan temperaturas por debajo de 18°C.

Cuadro 10: Ingredientes de las bebidas en polvo presentes en el mercado y que son similares en algunos aspectos a la bebida objetivo.

Chocolyne Dietético	Chocolyne	Chocolatada Instantánea Stevita	Slim Fat Optima	Swiss Miss cocoa sin azúcar con calcio
(sin azúcar, bajo en grasa, bajo en calorías)	(sin azúcar, bajo en grasa)	(enriquecido con calcio)	(libre de grasa láctea)	(sin azúcar)
Ingredientes				
Cacao en polvo Lecitina de soya Carragenina Sucralosa Etilvainillina	Cacao en polvo Lecitina de soya Carragenina Esencias de clavo y canela Etilvainillina	Cacao en polvo Maltodextrina Calcio Steviosido Antihumectante	Cocoa en polvo Azúcar Aceite de girasol Maltodextrina Goma arábica Gel celulosa Proteína de leche concentrada Fibra de soya Goma xantano Lecitina de soya Fosfato de potasio Acesulfame Aspartame Saborizantes artificiales	Suero Leche descremada en polvo Cocoa Maltodextrina Aceite de soya parcialmente hidrogenado Carbonato de calcio Carragenina Fosfato dipotásico Sucralosa Saborizantes Polisorbato 60 Acesulfame

FIGURA 12: Proceso de elaboración de una bebida proteica baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.



3.4.3 Etapa III –Determinación de los factores y sus niveles que influyen significativamente en la aceptabilidad de la bebida

Obtenida la formulación base preliminar y el proceso de elaboración estandarizado, se procedió a la ejecución del diseño experimental. Determinándose primero los factores o ingredientes influyentes en la aceptabilidad sensorial de la bebida, para luego realizar un *Screening* (Ayala y Pardo, 1985) aplicando la metodología de Taguchi (Marfil, 1991) con la finalidad de reducir el número de variables significativas requeridas para la optimización posterior de la aceptabilidad del producto.

De los 10 ingredientes que forman parte de la formulación de la bebida: proteína aislada de soya, cocoa alcalina en polvo, suero de leche, inulina en polvo, goma xantano, maltodextrina en polvo, lecitina de soya en polvo, silicato de calcio, edulcorante y saborizante; se eligieron como variables o factores de posible efecto sobre la aceptabilidad sensorial siete de ellos, a saber: proteína aislada de soya, cocoa alcalina en polvo, suero de leche, inulina en polvo, goma xantano, edulcorante y saborizante. Los tres ingredientes restantes maltodextrina en polvo, lecitina de soya en polvo y silicato de calcio, fueron considerados como factores constantes por no ejercer influencia significativa en la aceptabilidad de la bebida.

Tate & Lyle (2007) señalan que la maltodextrina se emplea como agente de volumen en los alimentos bajos en calorías, a su vez está considerada como un ingrediente no dulce y de sabor neutro, presentando un valor nutritivo de aproximadamente 4 kcal/g. Gracias a sus propiedades como agente de carga, aporta buena solubilidad en agua fría o caliente, manteniendo la densidad específica del polvo.

La lecitina de soya ejerce un efecto humectante instantaneizador que permite la rápida hidratación de polvos finos en agua o leche sin formar grumos (Cubero *et al.*, 2002), no influyendo en el factor evaluado.

El silicato de calcio empleado como antiapelmazante (evita que la mezcla de polvos se haga una masa), y a la dosis empleada de 0,5-2% (Cubero *et al.*, 2002) no constituye fuente de calorías, proteínas, ni aporta sabor a la bebida.

En esta etapa, se aplicó la metodología de Taguchi (Marfil, 1991), que consistió en trabajar un arreglo ortogonal $L_8(2^7)$ que involucra un análisis de efectos de siete factores o ingredientes (proteína aislada de soya, cocoa alcalina en polvo, suero de leche, inulina en polvo, goma xantano, edulcorante y saborizante, con dos niveles (máximo y mínimo), lo que determinó ocho formulaciones de la bebida a ensayar (Cuadro 11).

Los niveles máximos y mínimos (Cuadro 12) establecidos para cada factor obedecieron a diferentes criterios: pruebas realizadas para determinar la formulación base preliminar así como a referencias literarias: Deshpande *et al.*, (2007) y U.S. Dairy Export Council (2004).

La prueba de aceptabilidad sensorial se realizó a las 8 formulaciones de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, y sus respectivas réplicas, obtenidas según el diseño experimental: arreglo ortogonal $L_8(2^7)$ de Taguchi. Los resultados obtenidos de esta prueba fueron convertidos en valores numéricos al transformar a centímetros cada uno de los puntos de respuesta indicados por los jueces en las cartillas de evaluación.

El número de jueces que participaron en esta etapa de la investigación fue igual a 400, los mismos que fueron divididos en 8 grupos de 50 personas. Cada uno de los cuales evaluó las 8 formulaciones obtenidas según el diseño experimental, así como, las respectivas réplicas. Obteniéndose con ello 100 resultados para cada formulación de la bebida de soya, cacao e inulina, y un total general de 800 resultados (Anexo 4).

Cuadro 11: Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ aplicado para la optimización de la formulación de la bebida proteica, baja en calorías, a base de soya cacao e inulina.

FÓRMULAS	FACTORES DE CONTROL						
	Proteína aislada de soya (%)	Cocoa en polvo (%)	Suero de leche (%)	Inulina en polvo (%)	Goma xantano (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)
1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,39
2	43,50	14,60	10,51	11,91	0,25	0,18	0,41
3	43,50	15,06	12,31	10,91	0,21	0,18	0,39
4	43,50	15,06	12,31	11,91	0,25	0,16	0,41
5	47,74	14,60	12,31	10,91	0,25	0,16	0,39
6	47,74	14,60	12,31	11,91	0,21	0,18	0,41
7	47,74	15,06	10,51	10,91	0,25	0,18	0,39
8	47,74	15,06	10,51	11,91	0,21	0,16	0,41

Cuadro 12: Factores y Niveles considerados en el Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ aplicado para la obtención de las variables que significativamente afectan la aceptabilidad de la bebida nutritiva baja en calorías a base de soya (*Glycine max* L), cacao (*Theobroma cacao* L) e inulina.

Factores	Niveles (%)	
	1 Mínimo	2 Máximo
F1: Proteína aislada de soya	43,5	47,74
F2: Cocoa en polvo	14,6	15,06
F3: Suero de leche	10,51	12,31
F4: Inulina en polvo	10,91	11,91
F5: Goma xantano	0,21	0,25
F6: Edulcorante	0,16	0,18
F7: Saborizante	0,39	0,41

3.4.4 Etapa IV - Optimización de la formulación

Obtenidos los factores que influyeron significativamente en la aceptabilidad sensorial de la bebida por el método Taguchi, se realizó la optimización de la formulación en función a la mínima cantidad de calorías, al máximo contenido de proteínas y a la máxima aceptabilidad sensorial según el diseño Box-Behnken para tres factores, obteniéndose con ello un total de 15 tratamientos o formulaciones.

Como el diseño Box-Behnken requiere tres niveles de cada factor, se consideraron los niveles mínimos y máximos establecidos en la formulación base preliminar de la bebida para los factores en mención, así como sus respectivos valores intermedios (Cuadro 13). En el Cuadro 14 se presenta el Diseño Box- Behnken de Superficie de Respuesta para los tres factores considerados.

El número de jueces que participaron en esta etapa fue igual a 50, quienes evaluaron cada una de las 15 formulaciones establecidas para la bebida (una por día) según el diseño para la superficie de respuesta, obteniéndose un total de 750 resultados.

3.4.5 Etapa V- Caracterización fisicoquímica del producto

En el producto final, elaborado en base a los factores que hacen óptima la formulación (máximo de proteínas, mínimo de calorías y máxima aceptabilidad sensorial), se realizaron las siguientes evaluaciones: análisis proximal (determinación de humedad, proteínas, carbohidratos, grasa, fibra y cenizas), determinación de pH y viscosidad aparente.

Adicionalmente se llevaron a cabo los siguientes ensayos: Determinación de la energía total, porcentaje de kilocalorías provenientes de la grasa, determinación de ácidos grasos, azúcares reductores, azúcares totales, sodio, calcio y hierro.

Cuadro 13: Niveles de factores a variar para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida baja proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Nivel	-1	0	1
Proteína aislada de soya (%)	43,5	45,62	47,74
Edulcorante (%)	0,16	0,17	0,18
Saborizante (%)	0,39	0,40	0,41

Cuadro 14: Diseño Box-Behnken para el método de Superficie de Respuesta.

Fórmulas	Block	Proteína aislada de soya (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)
1	1	45,62	0,17	0,40
2	1	43,50	0,16	0,40
3	1	47,74	0,16	0,40
4	1	43,50	0,18	0,40
5	1	47,74	0,18	0,40
6	1	43,50	0,17	0,39
7	1	47,74	0,17	0,39
8	1	45,62	0,17	0,40
9	1	43,50	0,17	0,41
10	1	47,74	0,17	0,41
11	1	45,62	0,16	0,39
12	1	45,62	0,18	0,39
13	1	45,62	0,16	0,41
14	1	45,62	0,18	0,41
15	1	45,62	0,17	0,40

Para la caracterización fisicoquímica del producto según lo expuesto se utilizó las recomendaciones de la AOAC (1998) y Collazos (1993). Los ensayos fisicoquímicos fueron realizados por el Departamento de Química de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la determinación de los factores que significativamente influyeron en la aceptabilidad de la bebida (tercera etapa), se realizó un *Screening* mediante el Método Taguchi, el cual permitió reducir los 128 tratamientos establecidos en el arreglo factorial 2^7 para un diseño completo al azar, a ocho formulaciones a ensayar según el arreglo ortogonal $L_8(2^7)$ (Cuadro 11). Los tratamientos se realizaron por duplicado y para un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$).

Para la optimización de la formulación de la bebida (cuarta etapa) se aplicó la metodología de Superficie de Respuesta a los factores y sus niveles seleccionados en la etapa anterior, obteniendo con ello el máximo contenido de proteínas, la mínima cantidad de calorías y la máxima aceptabilidad sensorial de la bebida ($p < 0,05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ETAPA I: DETERMINACIÓN DEL CONCEPTO DEL PRODUCTO

Los resultados obtenidos del *focus-group* fueron: dos votos a favor del segundo concepto “Bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, ideal para el público en general que desea una dieta sana y mantener la salud del tracto gastrointestinal “, estableciéndose por ello el desarrollo del concepto en mención.

4.2 ETAPA II: FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA BEBIDA EN POLVO

La formulación base preliminar de la bebida en polvo resultante se muestra en el Cuadro 15.

4.3 ETAPA III: DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES Y SUS NIVELES QUE INFLUYEN SIGNIFICATIVAMENTE EN LA ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA

La sumatoria de los puntajes obtenidos en la prueba de aceptabilidad sensorial del producto se muestra en el Cuadro 16.

Es importante señalar, que la escala no estructurada empleada para evaluar la aceptabilidad sensorial de la bebida se encontraba escalonada en los valores de 0, 5 y 10. En donde “0” representa “me desagrada mucho”, “5” “ni me agrada ni me desagrada” y “10” “me agrada mucho”. La selección de la formulación óptima de la bebida se basó en el criterio “mayor es mejor” del método Taguchi (a mayor valor asignado en la evaluación sensorial del producto, mejor será la aceptabilidad sensorial de éste).

El análisis de varianza (Cuadro 17) evidencia que todos los factores o ingredientes evaluados a excepción de la goma xantano, al pasar de un nivel a otro, ocasionan una variación significativa en la aceptabilidad sensorial del producto. Por tal motivo, la proteína aislada de soya, la cocoa en polvo, el suero de leche, la inulina en polvo, el edulcorante y el saborizante presentan un valor de significancia del 95% ($p < 0,05$) e incluso hasta del 99% ($p < 0,01$).

Cuadro 15: Formulación base preliminar de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Ingredientes	Cantidad (%)
Proteína aislada de soya	45,62
Cocoa alcalina en polvo	14,83
Suero de leche	11,41
Inulina en polvo	11,41
Goma xantano	0,23
Maltodextrina en polvo	14,23
Lecitina de soya en polvo	0,91
Silicato de calcio	0,57
Edulcorante	0,40
Saborizante (Etilvainillina)	0,40

Cuadro 16: Formulaciones según Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$ y los resultados obtenidos en la prueba de aceptabilidad sensorial del producto.

FÓRMULAS	FACTORES DE CONTROL							ACEPTABILIDAD SENSORIAL	
	Proteína aislada de soya (%)	Cocoa en polvo (%)	Suero de leche (%)	Inulina en polvo (%)	Goma xantano (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)	N1	N2
1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,40	304 ± 2,32	300 ± 2,08
2	43,50	14,60	10,51	11,91	0,25	0,18	0,01	293 ± 1,16	292 ± 1,23
3	43,50	15,06	12,31	10,91	0,21	0,18	0,40	283 ± 2,44	285 ± 1,32
4	43,50	15,06	12,31	11,91	0,25	0,16	0,01	288 ± 2,78	290 ± 2,12
5	47,74	14,60	12,31	10,91	0,25	0,16	0,40	298 ± 2,17	298 ± 1,67
6	47,74	14,60	12,31	11,91	0,21	0,18	0,01	332 ± 2,79	330 ± 2,07
7	47,74	15,06	10,51	10,91	0,25	0,18	0,40	342 ± 2,10	340 ± 1,75
8	47,74	15,06	10,51	11,91	0,21	0,16	0,01	297 ± 2,08	299 ± 1,56

Por lo expuesto, se consideró como factores que presentan un mayor efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del producto a aquellos que poseen valores de “p” menores a 0,05 y los máximos valores señal/ruido (ETA) y que se presentan en la Figura 13 y Cuadros 18, 19 y 20, a saber:

- El factor proteína aislada de soya tuvo el mayor valor de ETA significativo, por lo que se eligió este factor para la optimización posterior.
- El factor cocoa en polvo no resultó significativo, correspondiendo el mayor valor de ETA al nivel menor (14,6%). Por lo que considerando el minimizar los costos de la bebida en polvo, se seleccionó tal nivel como parámetro para la etapa de optimización posterior.
- El factor suero de leche resultó significativo al presentar un mayor valor de ETA al nivel menor (10,51%); sin embargo, teniendo en cuenta que el aporte de N₂ del suero de leche varía del 11 al 12% (U.S. Dairy Export Council, 2004) y que por tanto no es significativo para generar un gran incremento en el valor proteico de la bebida, se decidió no incluir a este ingrediente como factor para la optimización posterior.

Teniendo en cuenta la minimización de los costos de la bebida se eligió al nivel menor del ingrediente suero de leche (10,51%) como parámetro.

- El factor inulina en polvo no resultó significativo y considerando minimizar los costos de la bebida, se seleccionó al nivel menor (10,91%) como parámetro para la optimización posterior.
- El factor goma xantano no resultó significativo y teniendo en cuenta la minimización de los costos del producto, se seleccionó al nivel menor (0,21%) para la optimización posterior como parámetro.
- El factor edulcorante tuvo uno de los cuatro más altos valores de ETA significativos, por lo que se eligió este factor para la optimización posterior.
- El factor saborizante al igual que el factor anterior tuvo uno de los cuatro más altos valores de ETA significativos, por lo que se eligió para la etapa de optimización posterior.

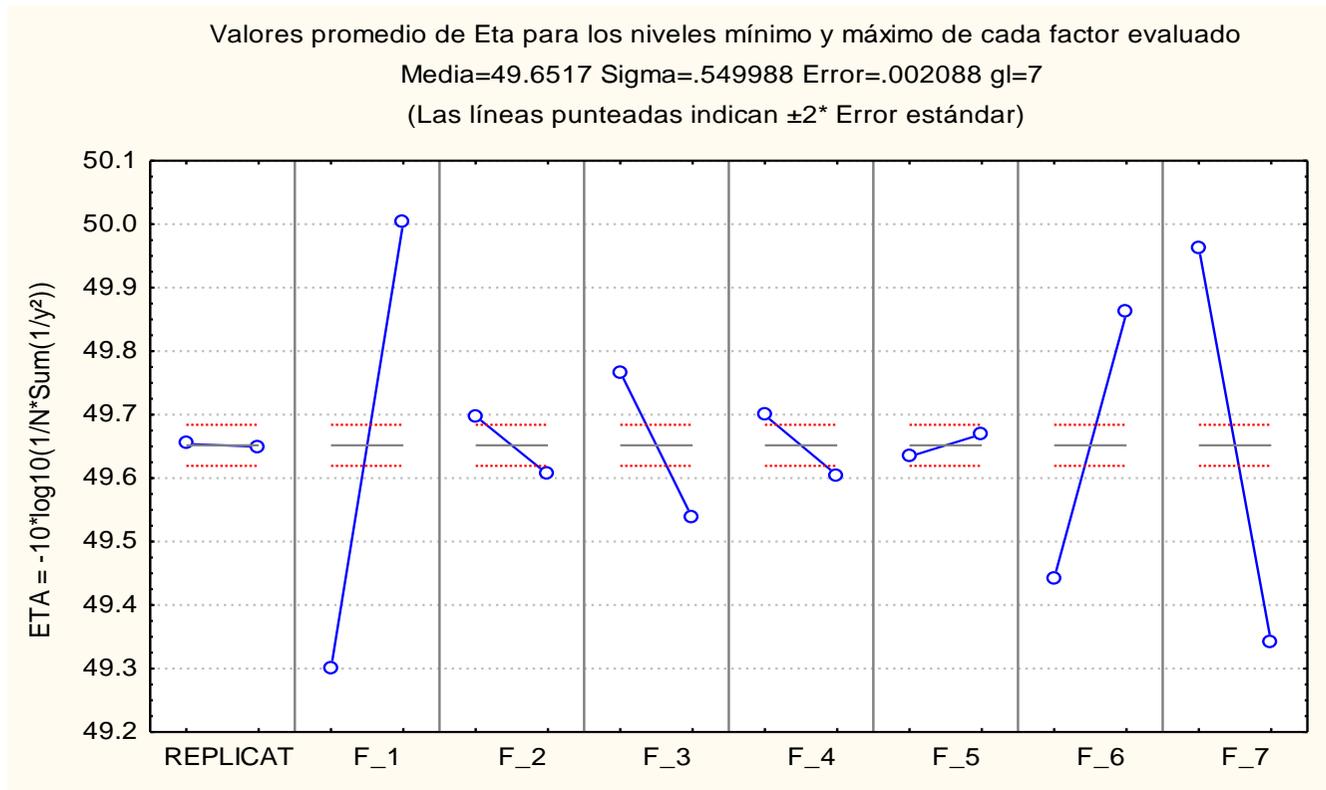
Genzling (2004) señala que el sabor a soya es muy notorio y que depende mucho de las características de la base a utilizar, sin embargo, existe en el mercado proteína aislada de soya de distintos grados de desodorización y desaborización de la soya. Genzling, también señala que el asunto del sabor de la soya es un tema de la cultura occidental; en Asia lo que el consumidor busca son precisamente esas notas a sabor de frijol de soya y por lo tanto en vez de enmascararlo trabajan para resaltarlo, hecho que demuestra que la tradición y cultura de un país influyen determinantemente sobre la elección de los sabores que la población considera agradables.

Zavala y Finkenthal (2006) mencionan que las propiedades de sabor aportadas por los edulcorantes de bajo contenido calórico constituyen en sí mismas la principal limitación técnica de estos ingredientes debido a que proporcionan cierto remanente característico que no agrada a algunos consumidores. Motivo por el cual, la formulación de bebidas con combinaciones edulcorantes es, además de una necesidad impuesta por las condiciones de uso, un medio muy útil para mejorar los parámetros de aceptabilidad sensorial de las bebidas sin azúcares añadidos (Borrego, 2000).

Los saborizantes son los ingredientes claves en el desarrollo de una bebida en polvo debido a que son los que le dan la personalidad y característica sensorial a la bebida y lo distingue del resto de productos similares, además que le permite competir incluso con las bebidas “listas para tomar” (Zavala y Finkenthal, 2006).

Del análisis de los resultados en el Cuadro 20 se presenta la formulación resultante para la elaboración de la bebida en polvo según Metodología Taguchi, la misma que fue tomada como base para la etapa posterior de Optimización.

Figura 13: Valores Señal/Ruido de cada factor evaluado para maximizar la aceptabilidad sensorial del producto aplicando el Método Taguchi $L_8(2^7)$.



Donde:

- (1)F-1: Proteína aislada de soya
- (2)F-2: Cocoa en polvo
- (3)F-3: Suero de leche
- (4)F-4: Inulina en polvo
- (5)F-5: Goma xantano
- (6)F-6: Edulcorante
- (7)F-7: Saborizante

Cuadro 17: Análisis de Varianza del Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$.

Análisis de Varianza					
Media = 49,65 Sigma=0,55					
	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor-F	Valor-P
{1} RÉPLICA	0,00	1	0,00	0,03	0,85
{2} F1	1,98	1	1,98	949,28	0,00
{3} F2	0,03	1	0,03	16,18	0,00
{4} F3	0,21	1	0,21	101,95	0,00
{5} F4	0,04	1	0,04	17,25	0,00
{6} F5	0,00	1	0,00	2,37	0,16
{7} F6	0,70	1	0,70	336,05	0,00
{8} F7	1,55	1	1,55	742,93	0,00
Residual	0,01	7	0,00		

Cuadro 18: Valores promedios Señal/Ruido (ETA) para cada factor y nivel del Diseño Experimental $L_8(2^7)$.

Promedio ETA por factor y nivel					
Media = 49,65 Sigma=0,55					
	Nivel	Media	Parámetros estimados	Desviación estándar	Error estándar
RÉPLICA	1	49,65	0,00	0,59	0,16
	2	49,65	-0,00	0,55	0,16
F_1	1	49,30	-0,35	0,21	0,10
	2	50,00	0,35	0,57	0,16
F_2	1	49,70	0,05	0,44	0,14
	2	49,61	-0,05	0,67	0,17
F_3	1	49,77	0,12	0,56	0,16
	2	49,54	-0,12	0,55	0,16
F_4	1	49,70	0,05	0,63	0,17
	2	49,60	-0,05	0,50	0,15
F_5	1	49,63	-0,02	0,51	0,15
	2	49,67	0,02	0,62	0,17
F_6	1	49,44	-0,21	0,16	0,08
	2	49,86	0,21	0,72	0,18
F_7	1	49,96	0,31	0,63	0,17
	2	49,34	-0,31	0,18	0,09

Cuadro 19: Efectos obtenidos por los factores y sus niveles bajo condiciones óptimas aplicando el Diseño Experimental Taguchi $L_8(2^7)$.

Proporción S/N esperada bajo condiciones óptimas			
Media = 49,65 Sigma=0,55			
Factor	Nivel	Efecto	Error estándar
RÉPLICA	1	0,00	0,02
F_1: Proteína aislada de soya	2	0,35	0,02
F_2:Cocoa en polvo	1	0,05	0,02
F_3: Suero de leche	1	0,12	0,02
F_4: Inulina en polvo	1	0,05	0,02
F_5: Goma xantano	2	0,02	0,02
F_6: Edulcorante	2	0,21	0,02
F_7: Saborizante	1	0,31	0,02
ETA esperada (Señal/Ruido)		50,75	

Cuadro 20: Formulación resultante para la elaboración de la bebida según Metodología Taguchi tomada como base para la etapa posterior de Optimización.

Factores	Nivel seleccionado	Cantidad %
F1: Proteína aislada de soya	Factor variable	43,5 - 47,74
F2: Cocoa en polvo	1	14,60
F3: Suero de leche	1	10,51
F4: Inulina en polvo	1	10,91
F5: Goma xantano	1	0,21
F6: Edulcorante	Factor variable	0,16 - 0,18
F7: Saborizante	Factor variable	0,39 - 0,41

4.4 ETAPA IV: OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN

La proteína aislada de soya, el edulcorante y el saborizante fueron los factores seleccionados para esta etapa de optimización mediante el método de Superficie de Respuesta ($p < 0,05$).

En el cuadro 21 se presentan las 15 formulaciones completas para la elaboración de la bebida proteica baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, así como los valores obtenidos en la prueba de aceptabilidad sensorial.

Al igual que en la etapa de investigación anterior (etapa 3), los resultados obtenidos de la prueba sensorial fueron convertidos en valores numéricos al transformar a centímetros cada uno de los puntos de respuesta indicados por los jueces en las cartillas de evaluación (Anexo 5).

Respecto a la aceptabilidad sensorial de la bebida (variable respuesta), en la Figura 14 se observa la superficie obtenida, así como la ecuación que describe dicha gráfica (parte inferior) y en la Figura 15 las curvas de nivel de las mismas. El análisis de ambas gráficas reflejan que la región con mayor aceptabilidad sensorial se encuentra un poco alejada para los niveles de los factores evaluados, motivo por el cual se realizó un escalamiento; Ayala y Pardo (1995) señalan que cuando la región óptima se encuentra lejos de los experimentos iniciales, se inicia una segunda etapa de optimización denominada de Escalamiento, que consiste en escalar hasta llegar a ubicar la región óptima.

El análisis de varianza para la optimización de la mayor aceptabilidad sensorial (Cuadro 22) evidencia que los valores de los niveles del factor A (proteína aislada de soya), del factor B (edulcorante) y del factor C (saborizante) no ejercen efecto significativo en la máxima aceptabilidad sensorial de la bebida al no presentar valores de P menores a 0,05.

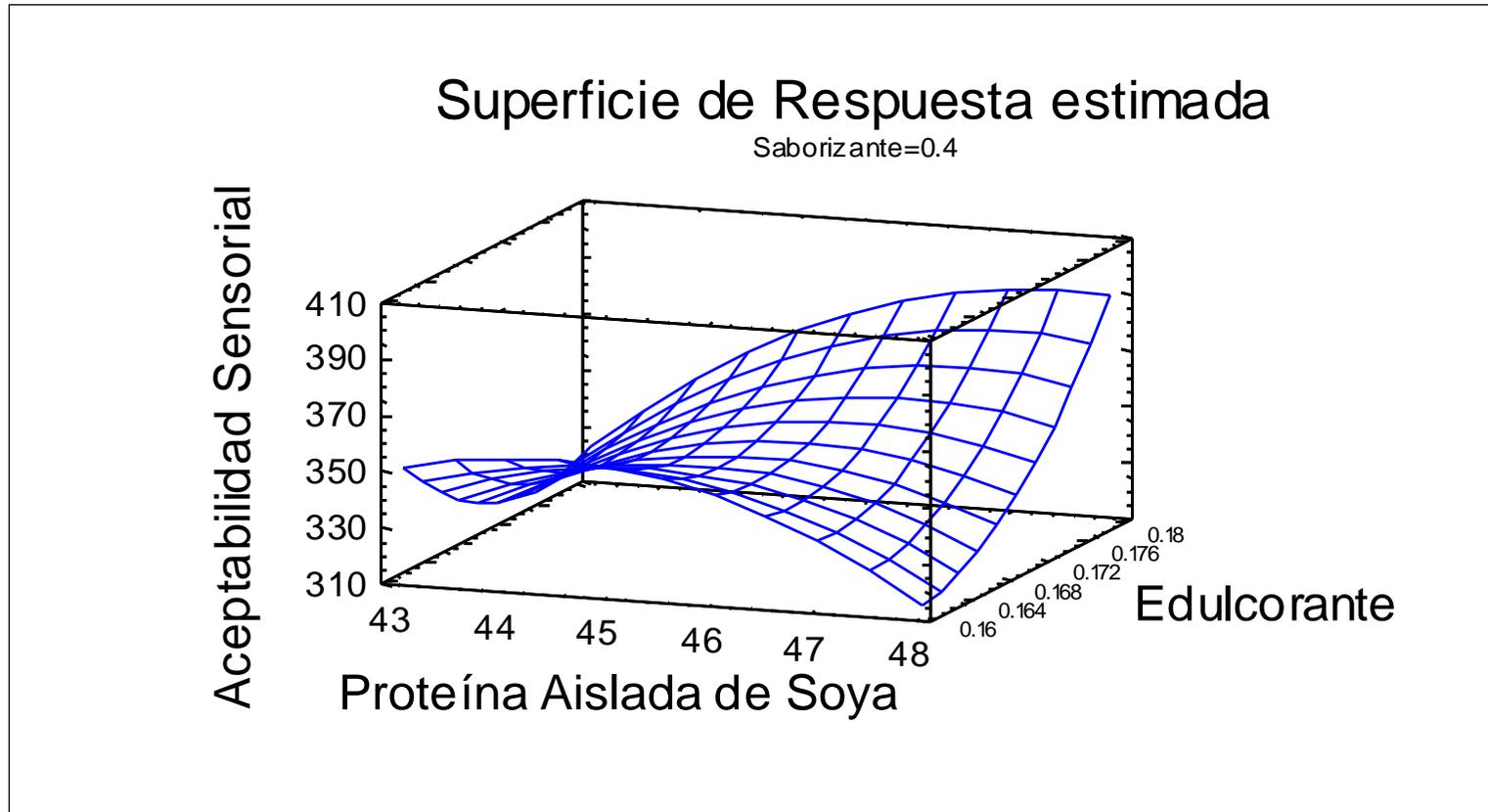
Cuadro 21: Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida según diseño Box-Behnken del método de Superficie de Respuesta.

Fórmulas	Block	Proteína aislada de soya (%)	Cocoa en polvo (%)	Suero de leche (%)	Inulina en polvo (%)	Goma xantano (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)	Aceptabilidad Sensorial
1	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	374,1 ± 1,90
2	1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,40	300,0 ± 2,24
3	1	47,74	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,40	341,0 ± 2,19
4	1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,40	317,0 ± 2,26
5	1	47,74	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,40	445,3 ± 6,82
6	1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,39	333,0 ± 1,87
7	1	47,74	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,39	286,7 ± 1,65
8	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	350,8 ± 6,84
9	1	43,50	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,41	397,5 ± 1,91
10	1	47,74	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,41	311,7 ± 2,12
11	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,39	380,0 ± 1,81
12	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,39	368,4 ± 1,71
13	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,41	352,1 ± 1,86
14	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,41	350,8 ± 1,81
15	1	45,62	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	324,2 ± 1,44

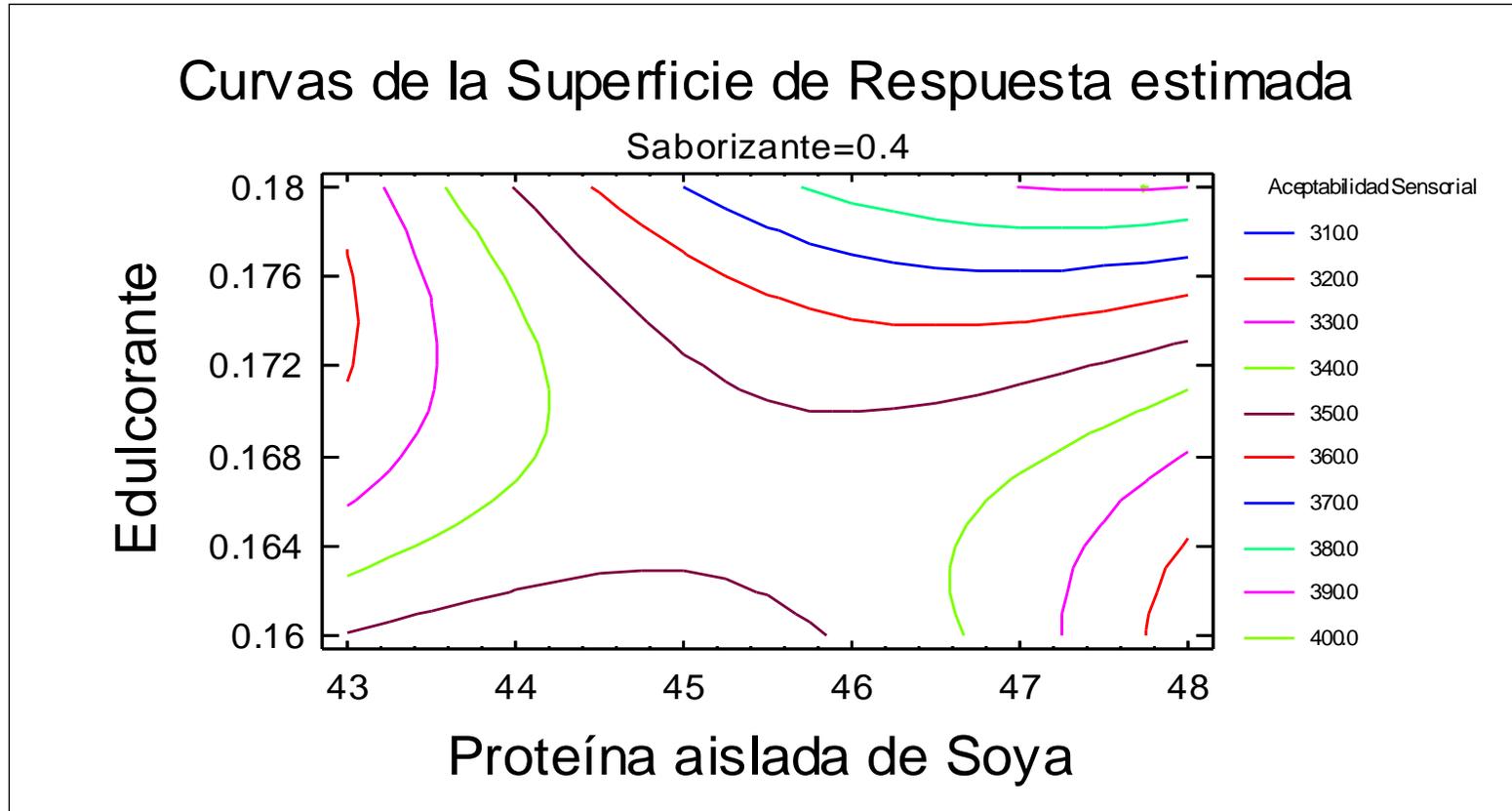
Por lo expuesto, se procedió a modificar los niveles mínimos y máximos establecidos en la formulación base preliminar de la bebida para dos de los tres factores o ingredientes evaluados (proteína aislada de soya y saborizante), así como sus respectivos valores intermedios (Cuadro 23).

En el Cuadro 24 se presenta el nuevo Diseño Box-Behnken de Superficie de Respuesta para los tres factores con los valores de los niveles de la proteína aislada de soya y el saborizante, modificados.

Figura 14: Superficie de Respuesta - Mayor aceptabilidad sensorial.



$$\begin{aligned} \text{Aceptabilidad sensorial} = & -5585,74 + 312,686 \cdot \text{Aislado de soya} - 109842,0 \cdot \text{Edulcorante} + 39322,4 \cdot \text{Saborizante} - 3,27908 \cdot \text{Aislado de soya}^2 \\ & + 1029,48 \cdot \text{Aislado de soya} \cdot \text{Edulcorante} - 465,802 \cdot \text{Aislado de soya} \cdot \text{Saborizante} + 158625,0 \cdot \text{Edulcorante}^2 + \\ & 25750,0 \cdot \text{Edulcorante} \cdot \text{Saborizante} - 27375,0 \cdot \text{Saborizante}^2 \end{aligned}$$

Figura 15: Curvas de nivel de la Superficie de Respuesta-Mayor aceptabilidad sensorial.

Cuadro 22: Análisis de Varianza de la optimización de la mayor aceptabilidad sensorial mediante Superficie de Respuesta.

Análisis de Varianza para la Aceptabilidad Sensorial					
Fuente de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor-F	Valor-P
A: Proteína aislada de soya	172,98	1	172.98	0,05	0,83
B: Edulcorante	1468,82	1	1468.82	0,43	0,54
C: Saborizante	242	1	242	0,07	0,80
AA	801,95	1	801.95	0,23	0,65
AB	1905,32	1	1905,32	0,56	0,49
AC	390,06	1	390,07	0,11	0,75
BB	929,05	1	929,05	0,27	0,62
BC	26,52	1	26,52	0,01	0,93
CC	27,67	1	27,67	0,01	0,93
Error Total	17131.40	5	3426,28		
Total (corre.)	23241,60	14			

Cuadro 23: Niveles modificados de factores a variar para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Nivel	-1	0	1
Proteína aislada de soya (%)	44	45	46
Edulcorante (%)	0,16	0,17	0,18
Saborizante (%)	0,40	0,45	0,50

Cuadro 24: Diseño Box-Behnken para el método de Superficie de Respuesta con los niveles de los factores modificados.

Fórmulas	Block	Proteína aislada de soya (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)
1	1	45	0,17	0,45
2	1	44	0,16	0,45
3	1	46	0,16	0,45
4	1	44	0,18	0,45
5	1	46	0,18	0,45
6	1	44	0,17	0,40
7	1	46	0,17	0,40
8	1	45	0,17	0,45
9	1	44	0,17	0,50
10	1	46	0,17	0,50
11	1	45	0,16	0,40
12	1	45	0,18	0,40
13	1	45	0,16	0,50
14	1	45	0,18	0,50
15	1	45	0,17	0,45

Considerando la modificación de los niveles de los factores señalados, en el Cuadro 25 se presentan los resultados obtenidos en la prueba de aceptabilidad sensorial para las 15 formulaciones propuestas de la bebida proteica baja en calorías a base de soya, cacao e inulina según el diseño de superficie de respuesta seleccionado. Los resultados obtenidos de la prueba sensorial en mención se encuentran en el Anexo 6.

La superficie de respuesta obtenida en la Figura 16 y las curvas de nivel de dicha superficie (Figura 17) evidencian mayor acercamiento a la región óptima en comparación a la Figura 15; si bien, la gráfica de superficie de respuesta obtenida no mostró un óptimo de los niveles de la proteína aislada de soya, edulcorante y saborizante, se observó una tendencia hacia el mayor valor de aceptabilidad sensorial para niveles máximos de proteína aislada de soya, edulcorante y saborizante, tal como se muestra en el Cuadro 27.

El análisis de varianza para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida (Cuadro 26) refleja que la interacción proteína aislada de soya y saborizante ejerce un efecto significativo en la maximización de la aceptabilidad sensorial del producto ($p = 0,06$), efecto similar ejerce la interacción proteína aislada de soya y edulcorante ($p = 0,07$) sobre la aceptabilidad sensorial de la bebida. Estos valores de “p” ligeramente mayores a 0,05, son considerados significativos a efectos de la presente investigación, debido a que es necesario tener en cuenta el error que existe en los resultados obtenidos por el carácter subjetivo de la prueba afectiva de evaluación sensorial aplicada.

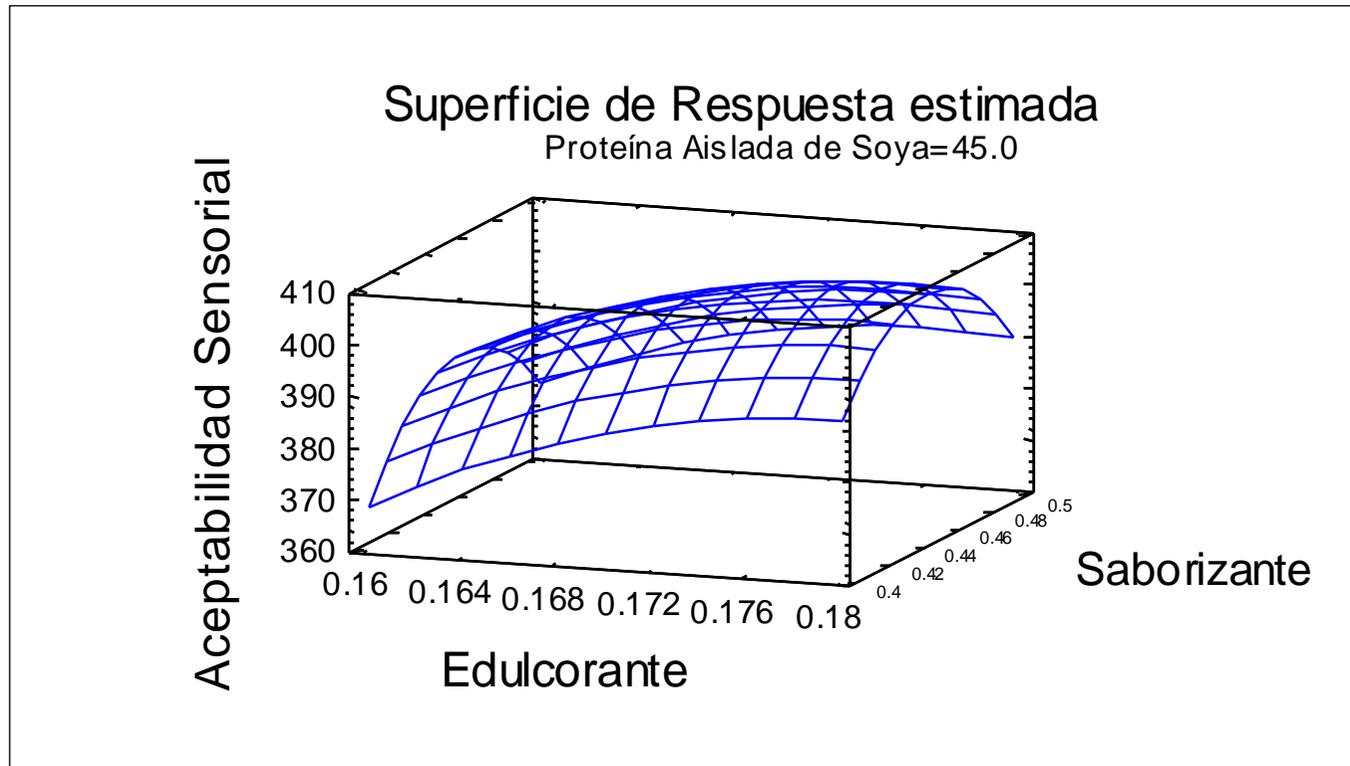
Es importante señalar que generalmente los consumidores finales asocian la aceptabilidad sensorial de un producto directamente con el sabor, de ahí que la interacción saborizante-proteína aislada de soya ejerza mayor influencia en la percepción sensorial.

En el Cuadro 28 se presenta la formulación que “maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina” aplicando superficie de respuesta.

Cuadro 25: Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la bebida según diseño Box-Behnken del método de Superficie de Respuesta-Niveles de los factores modificados.

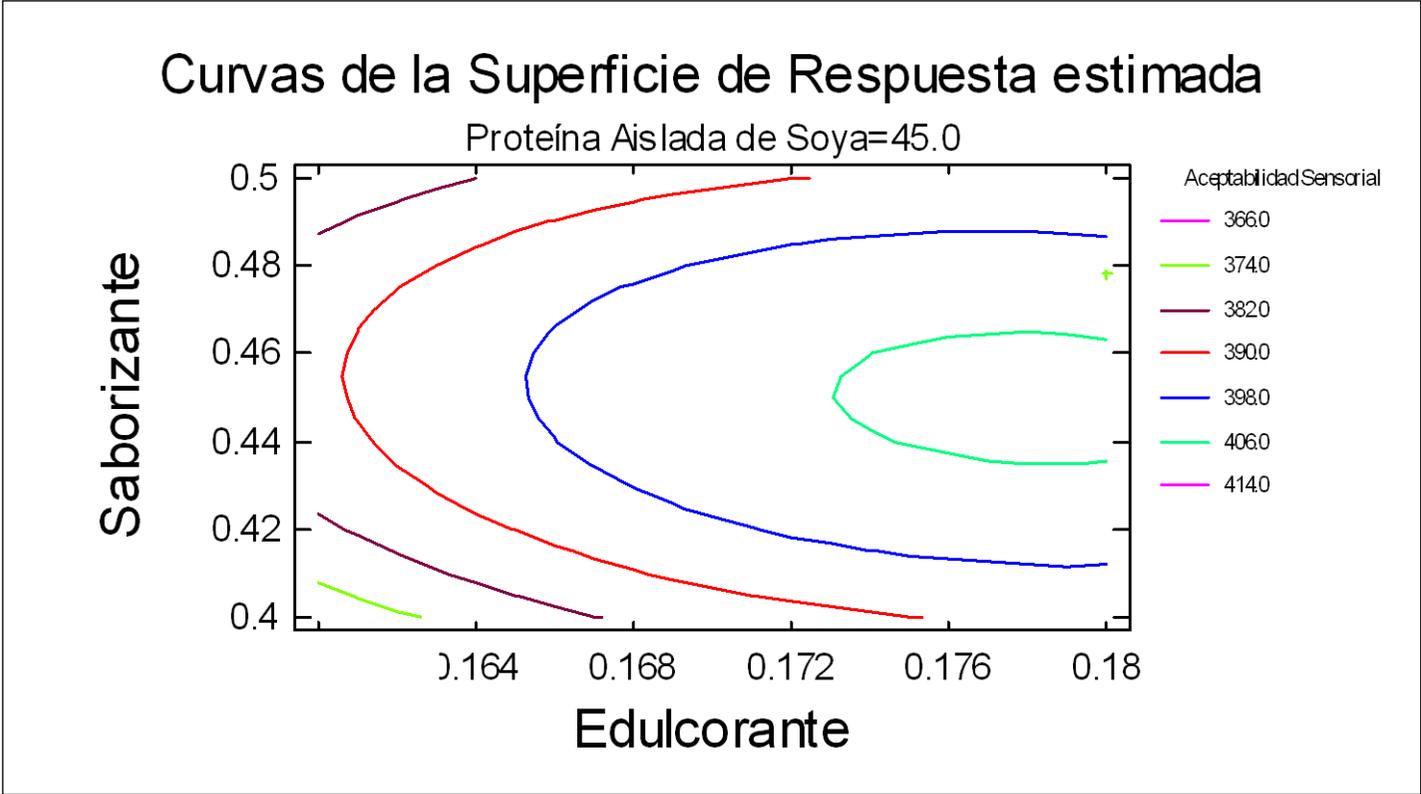
Fórmulas	Block	Proteína aislada de soya (%)	Cocoa en polvo (%)	Suero de leche (%)	Inulina en polvo (%)	Goma xantano (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)	Aceptabilidad Sensorial
1	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	411,0 ± 1,66
2	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,45	409,0 ± 1,60
3	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,45	342,5 ± 1,52
4	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,45	410,4 ± 1,40
5	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,45	413,3 ± 1,59
6	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	399,7 ± 1,87
7	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	358,3 ± 1,46
8	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	405,0 ± 1,71
9	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,50	369,5 ± 1,83
10	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,50	404,3 ± 1,44
11	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,40	379,7 ± 1,56
12	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,40	385,0 ± 1,89
13	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,50	381,6 ± 1,23
14	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,50	379,0 ± 1,75
15	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	395,0 ± 1,68

Figura 16: Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Mayor aceptabilidad sensorial.



$$\begin{aligned} \text{Aceptabilidad Sensorial} = & 9962,55 - 104,3*\text{Proteína Aislada de Soya} - 55825,4*\text{Edulcorante} - 10469,7*\text{Saborizante} - 4,12083*\text{Proteína} \\ & \text{Aislada de Soya}^2 + 1735,0*\text{Proteína Aislada de Soya}*\text{Edulcorante} + 381,0*\text{Proteína Aislada de Soya}*\text{Saborizante} - 57458,3*\text{Edulcorante}^2 - \\ & 3950,0*\text{Edulcorante}*\text{Saborizante} - 6638,33*\text{Saborizante}^2 \end{aligned}$$

Figura 17: Curvas de Nivel de la Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Mayor aceptabilidad sensorial.



Cuadro 26: Análisis de Varianza de la optimización de la mayor aceptabilidad sensorial mediante Superficie de Respuesta.

Análisis de Varianza para la Aceptabilidad Sensorial					
Fuente de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor-F	Valor-P
A: Proteína aislada de soya	616,01	1	616,01	2,59	0,17
B: Edulcorante	701,25	1	701,25	2,95	0,15
C: Saborizante	17,11	1	17,11	0,07	0,80
AA	62,70	1	62,70	0,26	0,63
AB	1204,09	1	1204,09	5,06	0,07
AC	1451,61	1	1451,61	6,10	0,06
BB	121,9	1	121,90	0,51	0,51
BC	15,6025	1	15,60	0,07	0,81
CC	1016,94	1	1016,94	4,27	0,09
Error Total	1190,07	5	238,02		
Total (corre.)	6310,68	14			

Cuadro 27: Valor mayor de Aceptabilidad Sensorial encontrado con el método de Superficie de Respuesta.

Variable Respuesta : Aceptabilidad Sensorial			
Objetivo: Máxima Aceptabilidad Sensorial			
Valor encontrado = 416,91			
Factor	Mínimo	Máximo	Valores con los que se obtiene la mayor aceptabilidad sensorial
Proteína aislada de soya	44,0	46,0	46,0
Edulcorante	0,16	0,18	0,18
Saborizante	0,40	0,50	0,48

Cuadro 28: Formulación que maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.

Factores	Cantidad %
F1: Proteína aislada de soya	46
F2: Cocoa en polvo	14,6
F3: Suero de leche	10,51
F4: Inulina en polvo	10,91
F5: Goma xantano	0,21
F6: Edulcorante	0,18
F7: Saborizante	0,48

Hallada la formulación óptima que maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida por la metodología de superficie de respuesta, se sometió a evaluación sensorial dicha formulación con la finalidad de corroborar el valor sensorial encontrado con el paquete estadístico Statgraphics® versión 5.

En el Cuadro 29 se presentan los resultados de la prueba de aceptabilidad sensorial realizada a la fórmula que maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida (fórmula final). La prueba se realizó con los 50 jueces que participaron en la etapa de optimización de la formulación de la presente investigación.

En el cuadro 30 se presenta el valor obtenido de la sumatoria de las calificaciones otorgadas por los 50 jueces durante la evaluación sensorial realizada a la fórmula final (óptima), valor que es mayor al obtenido en forma teórica al optimizar la bebida en función de la máxima aceptabilidad sensorial, hecho que indica que la fórmula final es aceptable en cuanto al sabor para el consumidor. El valor de la media de la desviación estándar evidencia que no hay discrepancia entre los consumidores respecto a la aceptabilidad de la bebida y por lo tanto los resultados son representativos de las tendencias de los gustos de la población.

Cuadro 29: Resultados de la prueba de aceptabilidad sensorial método de Superficie de Respuesta-fórmula final.

JUEZ	Resultado	Desviación estándar	JUEZ	Resultado	Desviación estándar
1	10	0,0	26	7,1	2,05
2	8,5	1,06	27	9,5	0,35
3	10	0,0	28	9	0,71
4	8,5	1,06	29	9	0,71
5	7,5	1,77	30	10	0,0
6	10	0,0	31	10	0,0
7	10	0,0	32	5,2	3,39
8	9,8	0,14	33	10	0,0
9	9,5	0,35	34	9,5	0,35
10	10	0,0	35	9,6	0,28
11	7,9	1,48	36	8,4	1,13
12	9,4	0,42	37	8,5	1,06
13	10	0,0	38	5	3,54
14	10	0,0	39	9,2	0,57
15	10	0,0	40	9,5	0,35
16	10	0,0	41	9,8	0,14
17	8,8	0,85	42	6	2,83
18	10	0,0	43	6,8	2,26
19	8,4	1,13	44	9,5	0,35
20	9,2	0,57	45	9	0,71
21	10	0,0	46	5	3,54
22	10	0,0	47	10	0,0
23	7,1	2,05	48	8,5	1,06
24	7	2,12	49	10	0,0
25	7,1	2,05	50	9,5	0,35

Cuadro 30: Media de la desviación estándar obtenida en la prueba de aceptabilidad sensorial de la fórmula final.

Valor obtenido en la evaluación sensorial (sumatoria de los puntajes)	Media de los puntajes	Media de la Desviación estándar
442,30 ± 1,43	8,85	0,82

Respecto al contenido de proteínas, en el Cuadro 31 se presentan los resultados del porcentaje del valor diario (%VD) de proteínas por porción obtenidos mediante cálculo teórico para cada una de las 15 formulaciones propuestas de la bebida en polvo según el diseño Box-Behnken de superficie de respuesta empleado.

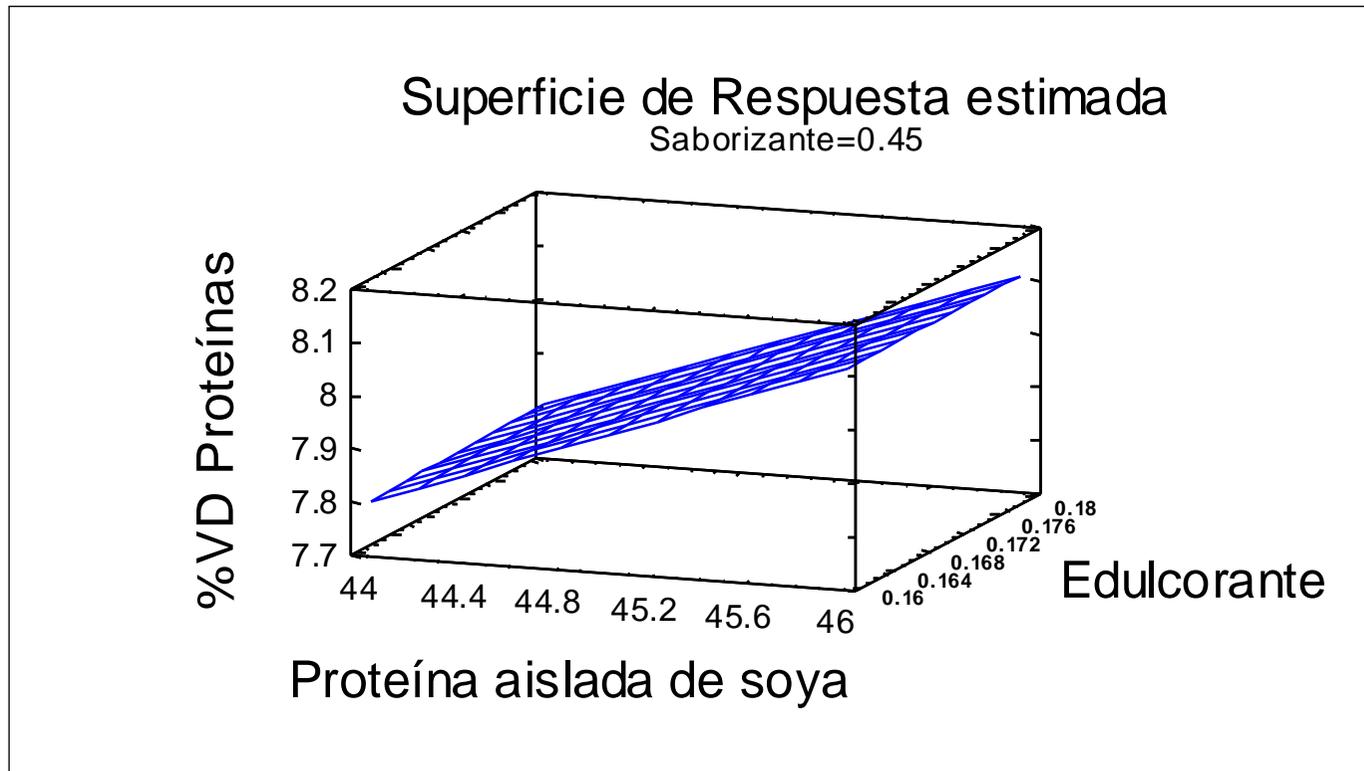
La superficie de respuesta obtenida en la Figura 18 evidencia un mayor valor de contenido de proteínas para el nivel máximo de la proteína aislada de soya y niveles intermedios del edulcorante y del saborizante (Cuadro 33).

En el Cuadro 32 el análisis de varianza ($p < 0,05$) para la optimización del contenido de proteínas en la bebida, evidencia que la proteína aislada de soya y el edulcorante son factores con efectos significativos.

Liu (1999) señala que la proteína aislada de soya es casi proteína pura, con un contenido mínimo de proteína del 90%, de ahí que se confirme su aporte significativo en el nivel más alto de este factor en la maximización del contenido de proteínas.

En el Cuadro 34 se presenta la formulación que “maximiza el contenido de proteínas para la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina” aplicando superficie de respuesta.

Figura 18: Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Máximo contenido de proteínas (%VD).



$$\begin{aligned} \% \text{VD Proteínas} = & -4,13125 + 0,30875 * \text{Proteína aislada de soya} + 15,875 * \text{Edulcorante} + 1,35 * \text{Saborizante} - 0,00125 * \text{Proteína aislada de} \\ & \text{soya}^2 - 0,25 * \text{Proteína aislada de soya} * \text{Edulcorante} + 0,0 * \text{Proteína aislada de soya} * \text{Saborizante} - 12,5 * \text{Edulcorante}^2 + \\ & 0,0 * \text{Edulcorante} * \text{Saborizante} - 1,5 * \text{Saborizante}^2 \end{aligned}$$

Cuadro 32: Análisis de Varianza de la optimización del mayor contenido de proteínas mediante Superficie de Respuesta.

Análisis de Varianza para el % VD Proteínas					
Fuente de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor-F	Valor-P
A: Proteína aislada de soya	0,19	1	0,19	37822,50	0,00
B: Edulcorante	0,00	1	0,00	22,50	0,01
C: Saborizante	0,00	1	0,00	0,00	1,00
AA	0,00	1	0,00	1,15	0,33
AB	0,00	1	0,00,	5,00	0,08
AC	0,00	1	0,00	0,00	1,00
BB	0,00	1	0,00	1,15	0,33
BC	0,00	1	0,00	0,00	1,00
CC	0,00	1	0,00	10,38	0,02
Error Total	0,00	5	0,00		
Total (corre.)	0,20	14			

Cuadro 33: Valor máximo del contenido de proteínas (%VD) encontrado con el método de Superficie de Respuesta.

Variable Respuesta: Contenido de proteínas			
Objetivo: Máximo % VD Proteínas			
Valor encontrado = 8,11			
Factor	Mínimo	Máximo	Valores con los que se obtiene el máximo contenido de proteínas
Proteína aislada de soya	44,0	46,0	46,0
Edulcorante	0,16	0,18	0,17
Saborizante	0,40	0,50	0,45

Cuadro 34: Formulación que maximiza el contenido de proteínas (%VD) de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.

Factores	Cantidad %
F1: Proteína aislada de soya	46
F2: Cocoa en polvo	14,6
F3: Suero de leche	10,51
F4: Inulina en polvo	10,91
F5: Goma xantano	0,21
F6: Edulcorante	0,17
F7: Saborizante	0,45

Referente al aporte de calorías, en el Cuadro 35 se presentan los resultados de la cantidad de calorías obtenidas por porción mediante cálculo teórico para cada una de las 15 formulaciones propuestas de la bebida en polvo según el diseño Box-Behnken de superficie de respuesta.

La superficie de respuesta obtenida en la Figura 19 evidencia el menor valor de calorías para el nivel mínimo de la proteína aislada de soya, así como para los niveles intermedios del edulcorante y del saborizante (Cuadro 37).

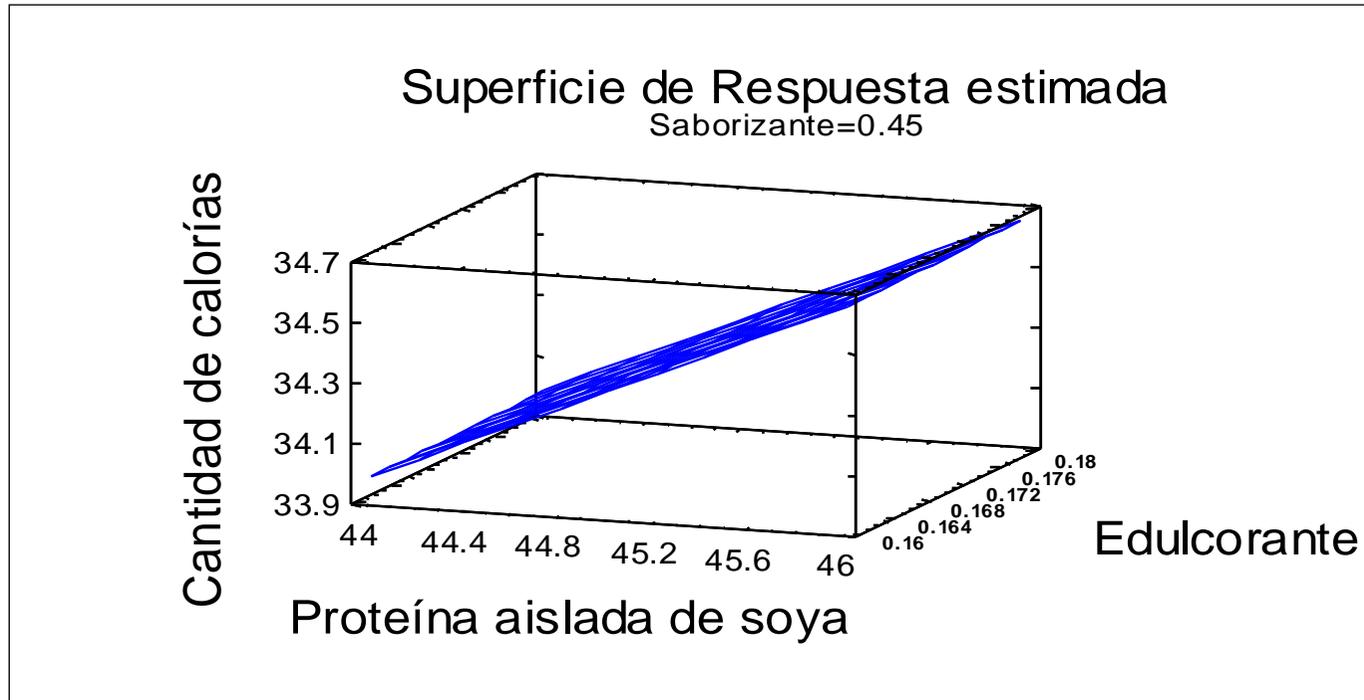
En el Cuadro 36 el análisis de varianza para la optimización de la cantidad de calorías en la bebida, evidencia que la proteína aislada de soya, el edulcorante y el saborizante son factores con efectos significativos.

En el Cuadro 38 se presenta la formulación que “minimiza la cantidad de calorías para la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina” aplicando superficie de respuesta.

Cuadro 35: Formulaciones aplicadas para la optimización de la cantidad de calorías por porción de la bebida según diseño Box- Behnken del método de Superficie de Respuesta-Niveles de los factores modificados.

Fórmulas	Block	Proteína aislada de soya (%)	Cocoa en polvo (%)	Suero de leche (%)	Inulina en polvo (%)	Goma xantano (%)	Edulcorante (%)	Saborizante (%)	Calorías
1	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	34,32
2	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,45	33,99
3	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,45	34,65
4	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,45	34,00
5	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,45	34,66
6	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	33,99
7	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,40	34,65
8	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	34,32
9	1	44	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,50	33,99
10	1	46	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,50	34,65
11	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,40	34,32
12	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,40	34,33
13	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,16	0,50	34,32
14	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,18	0,50	34,33
15	1	45	14,60	10,51	10,91	0,21	0,17	0,45	34,32

Figura 19: Superficie de Respuesta (niveles de los factores modificados) - Mínima cantidad de calorías por porción de la bebida.



$$\text{Cantidad de calorías} = 20.83 + 0.33*\text{Proteína aislada de soya} - 16.5*\text{Edulcorante} + 0.0*\text{Saborizante} + 0.0*\text{Proteína aislada de soya}^2 + 0.0*\text{Proteína aislada de soya}*\text{Edulcorante} + 0.0*\text{Proteína aislada de soya}*\text{Saborizante} + 50.0*\text{Edulcorante}^2 + 0.0*\text{Edulcorante}*\text{Saborizante} + 0.0*\text{Saborizante}^2$$

Cuadro 36: Análisis de Varianza de la optimización del mínimo contenido de calorías mediante Superficie de Respuesta.

Análisis de Varianza para la cantidad de calorías					
Fuente de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor-F	Valor-P
A: Proteína aislada de soya	0,87	1	0,87	-	-
B: Edulcorante	0,00	1	0,00	-	-
C: Saborizante	0,00	1	0,00	-	-
AA	4,04E-28	1	4,04E-28	-	-
AB	0,00	1	0,00	-	-
AC	0,00	1	0,00	-	-
BB	0,00	1	0,00	-	-
BC	0,00	1	0,00	-	-
CC	2,02E-28	1	2,02E-28	-	-
Error Total	0,00	5	0,00		
Total (corre.)	0,87	14			

Cuadro 37: Valor mínimo de calorías encontrado con el método de Superficie de Respuesta.

Variable Respuesta : Cantidad de calorías			
Objetivo: Minimizar cantidad de calorías			
Valor encontrado = 33,99			
Factor	Mínimo	Máximo	Valores con los que se obtiene el mínimo de calorías
Proteína aislada de soya	44,0	46,0	44,0
Edulcorante	0,16	0,18	0,17
Saborizante	0,40	0,50	0,43

Cuadro 38: Formulación que minimiza la cantidad de calorías por porción de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina aplicando Superficie de Respuesta.

Factores	Cantidad %
F1: Proteína aislada de soya	44
F2: Cocoa en polvo	14,6
F3: Suero de leche	10,51
F4: Inulina en polvo	10,91
F5: Goma xantano	0,21
F6: Edulcorante	0,17
F7: Saborizante	0,43

Del análisis de las tres formulaciones obtenidas según la metodología de Superficie de Respuesta que permiten obtener la máxima aceptabilidad sensorial, el máximo contenido de proteínas y la mínima cantidad de calorías respectivamente, se eligió como formulación final de la bebida en polvo a la fórmula que maximiza la aceptabilidad sensorial (para el atributo sabor) del producto, por las siguientes razones:

- El sabor juega un papel importante en la determinación de la aceptabilidad de los alimentos (Carpenter *et al.*, 2002); es decir, proporciona una idea general de la aceptación o rechazo del producto en cuestión (Pedrero y Pangborn, 1996).
- La prueba de aceptabilidad sensorial no está destinada a evaluar una formulación sino a determinar si la formulación desarrollada podría competir con una marca comercial conocida del mismo producto, y si ésta tendría la aceptación entre los consumidores típicos de este tipo de producto (Anzaldúa-Morales, 1994).
- Si un producto alimenticio por más nutritivo que sea no es capaz de generar aceptación en el consumidor, no será capaz de competir en el mercado. Anzaldúa-Morales (1994) define a la palabra “aceptación” como el deseo de una persona para adquirir un producto.

Adicionalmente la fórmula que maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida cumple con los objetivos trazados de “alto valor proteico comercial” y “bajo en calorías”.

4.5 ETAPA V: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PRODUCTO

Los resultados obtenidos en los ensayos físicoquímicos realizados a la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina (elaborada con la formulación seleccionada en la etapa de investigación anterior) se presentan en el Anexo 7.

El análisis proximal del producto final se presenta en el Cuadro 39 (el informe del análisis se encuentra en el Anexo 7).

Del cuadro 39, se observa que el contenido de humedad de la bebida en polvo final es de 4,91%, valor esperado si se tiene en cuenta que los ingredientes de la formulación óptima en mayor proporción no sobrepasan en contenido de humedad el 6%, para el caso de la proteína aislada de soya y la maltodextrina y el 7% para el caso del cacao en polvo según la NTP 208.007 (INDECOPI, 1999). Caso similar sucede para el contenido de cenizas totales (5,37%) considerando el contenido de cenizas señalado como máximo en las fichas técnicas de la proteína aislada de soya (8%), maltodextrina (7,5%) y cocoa alcalina en polvo (12%).

El contenido de grasa (3,21%) de la bebida en polvo es bajo, a tal punto que permite añadir a la bebida el término “bajo en grasa”. Según la FDA (1995) un producto “bajo en grasa” es aquel que presenta 3 gramos o menos por porción. Considerando que el tamaño por ración de la bebida en polvo es de 10 gramos, el contenido de grasa por porción será igual a 0,32g, cumpliendo con ello los requerimientos establecidos para el uso de dicho término.

Respecto al contenido de proteínas, la bebida en polvo obtenida según formulación óptima contiene 41,85% de este nutriente; sin embargo, para que se afirme que un producto alimenticio es “alto en proteínas”, el *Codex Alimentarius* (2004) señala que éste debe presentar 10% del Valor de Referencia del Nutriente (VRN) por porción del alimento. Considerando que el valor de referencia de la proteína recomendada por el *Codex Alimentarius* (2004) es igual a 50 g, el

producto “alto en proteínas” deberá presentar 5 g del nutriente en mención por porción del producto.

Teniendo como referencia que la bebida en polvo desarrollada presenta 4,19 g de proteína, es decir el 8% del VRN por porción del producto, la bebida no cumple con los requerimientos establecidos por el *Codex Alimentarius* para ser catalogada como “alto en proteína”.

Sin embargo, es necesario considerar que el máximo contenido de proteínas presente en la bebida depende de la máxima aceptabilidad sensorial de la misma, de tal forma que la proporción de proteína aislada de soya (principal fuente proteica) adicionada a la bebida (46%) permite a la bebida cumplir con el objetivo planteado al inicio de la presente investigación: “obtener una bebida con alto valor proteico comercial”, en otras palabras obtener una bebida con alto contenido de proteínas que sea sensorialmente aceptable (agradable) para el consumidor.

El contenido de carbohidratos presente en la bebida en polvo es igual a 44,66%, es decir que cada porción del producto presenta 4,47 g de carbohidratos, lo que equivale al 1,5% del VD (valor diario) para una dieta de 2000 calorías. La FDA (1995) menciona que el 5% del VD o menos es bajo para todos los nutrientes.

Respecto a la energía expresada en calorías que proporciona la bebida, se observa en el Cuadro 39 que ésta es igual a 374,93 kcal/100 g de la muestra. Por lo expuesto, la cantidad de calorías presentes en 10g del producto (tamaño de la porción) será igual a 37,5 kcal.

Según la FDA (1995) un producto “bajo en calorías” es aquel que presenta 40 calorías o menos por porción. Por lo tanto, la bebida elaborada cumple con los requerimientos establecidos para el uso de dicho término.

El contenido de fibra dietaria presente por porción de la bebida (0,70 g) equivale al 3% del VRN para una dieta de 2000 calorías. La cantidad de fibra dietaria recomendada por la FDA (1995) para una dieta de 2000 calorías es igual a 25 g.

El *Codex Alimentarius* (2000) señala que un alimento presenta un contenido básico de fibra dietaria cuando presenta 1,5 g por porción de éste y un contenido alto cuando presenta 3 g por porción del alimento.

Considerando que el análisis para fibra dietaria que se realiza en el país (AOAC 985.29) no incluye la detección de la fibra presente en los fructanos como la inulina (AOAC 997.08), se estima en la bebida en polvo un contenido de fibra dietaria mayor al presentado.

Respecto al contenido de minerales por porción de la bebida en polvo, ésta presenta 88 mg de sodio (4% del VD), 34,73 mg de calcio (4 % del VD) y 1,5 mg de hierro (11% del VD). La FDA (1995) establece que el valor diario de sodio para una dieta de 2000 calorías debe ser menor a 2400 mg, en tanto que el *Codex Alimentarius* (1997) señala que los valores diarios recomendables para el calcio y el hierro son de 800 y 14 mg respectivamente.

Es necesario considerar que la FDA (1995) menciona que si una porción del alimento contiene de 10 a 19% del Valor Diario de un nutriente en particular, puede utilizar el término “buena fuente”. Por lo expuesto, la bebida en polvo representa una “buena fuente” de hierro.

El contenido de ácidos grasos libres por porción de la bebida en polvo es igual a 1,56 g y el de azúcares 2,78 g.

La bebida presenta un pH igual a 6,62 y una viscosidad aparente de 0,39 centipoises.

Cuadro 39: Análisis proximal de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Componente	Contenido
Humedad (%)	4,91
Cenizas Totales (%)	5,37
Grasa cruda (%)	3,21
Proteína cruda (%)	41,85
Carbohidratos (%)	44,66
Fibra Dietaria Total (%)	6,96
- Fibra dietaria insoluble (%)	6,64
- Fibra dietaria soluble (%)	0,31
Energía Total (kcal/100 g)	374,93
Porcentaje kcal proveniente de grasas	7,71

Cuadro 40: Análisis fisicoquímico de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Componente	Contenido
Sodio (mg/100g muestra)	880
Calcio (mg/100g muestra)	347,25
Hierro (mg/100g muestra)	15,03
Ácidos grasos libres (g/100g de grasa)	15,59

Cuadro 41: Etiqueta nutricional de la bebida en polvo, alto en proteínas, bajo en calorías, a base de soya, cacao e inulina.

Información Nutricional		
Tamaño por Porción 10 gramos		
Porciones por envase: 18		
Cantidad por Porción	10 g	
Energía (kcal)	37,49 kcal	
Energía de la Grasa (kcal)	0,77 kcal	
		% V.D.*
Grasa Total	0,32 g	
Sodio	88,0 mg	4%
Carbohidrato Total	22,72 g	2%
Fibra Dietética	0,70 g	3%
Azúcares	2,78 g	
Proteínas	4,19 g	8%
Calcio	34,73 mg	
Hierro	1,50 mg	11%
*Los porcentajes de Valores Diarios (%V.D.) están basados en el Codex y FDA (Dieta para 2000 calorías)		

4.6 EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PRODUCTO PARA SU COMERCIALIZACIÓN

Para la evaluación de los costos se tuvo en cuenta:

1. La proporción de cada uno de los ingredientes en la fórmula considerada como óptima, así como el precio de cada uno de ellos.
2. Tipo de material de empaque empleado.
3. Costos de producción (mano de obra, energía, combustible, vapor, etc.).
4. Costos administrativos.
5. Margen de ganancia.

En el Cuadro 42 se muestra el costo de cada uno de los ingredientes que participan en la formulación propuesta para la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, así como la proporción de los mismos.

El conocimiento de los costos de cada uno de los insumos, permite al investigador considerar en base a que ingrediente es posible reformular la bebida si se desea un ajuste del precio de venta al público.

En el Cuadro 43 se muestra los costos del material de empaque empleado para el envasado de la bebida. Se ha considerado como empaque primario un empaque flexible de polipropileno biorientado (BOPP) para una presentación de 180 g.

En base a los costos de los insumos y del material de empaque presentados en los Cuadros 42 y 43, los costos de producción, los administrativos, así como, el margen de ganancia esperado, en el Cuadro 37 se presenta el costo de la bebida al público por presentación de 180 g y en la Figura 20 el modelo de empaque proyectado.

Es necesario resaltar que el precio de venta al público de la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina en la presentación de 180 g resulta más económico que la de una bebida similar presente en el mercado (Cuadro 38).

Cuadro 42: Costos de los ingredientes que intervienen en la formulación óptima por kilogramo.

Ingredientes	Cantidad (%)	Costo Soles (kg)
Proteína aislada de soya	46	6,50
Inulina en polvo	10,91	18,53
Cocoa alcalina en polvo	14,6	5,70
Maltodextrina	14,23	4,56
Suero de leche	10,51	5,11
Saborizante	0,48	66,98
Edulcorante	0,18	112,58
Goma xantano	0,21	29,93
Lecitina de soya	0,91	3,22
Silicato de calcio	0,57	2,85

Cuadro 43: Costos del material de empaque empleados para el envasado de la bebida.

Material de Empaque	Unidad	Costo Soles
Laminado BOPP	Kilogramo	12,26
Bolsa PEBD de embalaje	Millar	214,89
Etiqueta de embalaje	Unidad	0,06
Cinta de embalaje	Rollo	4,20
Cinta de termoimpresión	Rollo	7.70

Cuadro 44: Costos de la bebida al público.

Producto	Presentación	Costo (Soles)
Bebida de soya, alto en proteínas, bajo en calorías y bajo en grasa.	180 g	5,60

Cuadro 45: Precio de venta al público de la bebida desarrollada versus una bebida similar presente en el mercado.

	Bebidas	
Producto	Bebida desarrollada	Chocolyne dietético
Característica principal	Bebida de soya en polvo	Mezcla de cacao en polvo
Características resaltadas	Alto en proteínas, bajo en calorías y bajo en grasa	Sin azúcar, bajo en grasa, bajo en calorías
Presentación	180 g	125 g
Precio de venta al público	S/.5,60	S/. 5,65

Figura 20: Modelo de empaque proyectado para la bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina.

Presentación x 180 g.

NUEVO

SoysBelt
Bebida protéica

Alimento Instantáneo
Bajo en calorías
Bajo en grasa

**Peso Neto:
180 g**

INFORMACIÓN NUTRICIONAL
Tamaño por porción: **10 gramos**
Porciones por envase: **18**

Cantidad por Porción	10 g	
Energía (kcal)	37,49 kcal	
Energía de Grasa kcal	0,77 kcal	
		%VD*
Grasa Total	0,32g	
Sodio	88,0 mg	4 %
Carbohidratos Total	22,72g	2 %
Fibra Dietética	0,70g	3 %
Azúcares	2,78	
Proteínas	4,19g	8 %
Calcio mg	34,73 mg	
Hierro mg	1,50 mg	11 %

* Los porcentajes de Valores Diarios (%VD) están basados en el Codex y FDA (Dieta para 2000 calorías)

Preparación: Coloque dos cucharaditas de Soybelt en un vaso con agua fría, remueva bien y saboree una exquisita y nutritiva bebida.

HECHO EN PERÚ. Producido por BUENOS PRODUCTOS S.A. Av. Industrial 33414, Independencia. RUC 49578798785, RPIN: 170408210052C, Reg. San.: RSA-DIGESA-H84693F/NABUPR.

INGREDIENTES: Proteína aislada de soya, Cacao en Polvo, Suero de Leche en Polvo, Inulina, Maltodextrina, Emulsificante (Lectina de Soya), Estabilizante, (Goma Xántica), Edulcorante (Aspartame).

Conservar en lugar fresco y seco
Condiciones recomendadas:
18°C - 65% H.R.

Consumir antes de:

Residuo Zero

7 752964 000611 >

V. CONCLUSIONES

- El concepto del producto obtenido fue : “Bebida proteica, baja en calorías a base de soya, cacao e inulina, ideal para el público en general que desea una dieta sana y mantener la salud del tracto gastrointestinal”.
- De las tres formulaciones obtenidas según la metodología de Superficie de Respuesta aplicada, se consideró como formulación final a la que maximiza la aceptabilidad sensorial de la bebida.
- La formulación que permite obtener una bebida hidratante en polvo con alto valor proteico comercial, bajo en calorías, y fibra soluble está conformada por: proteína aislada de soya (46%), cocoa alcalina en polvo (14,6%), suero de leche (10,51%), inulina en polvo (10,91%), goma xantano (0,21%), maltodextrina en polvo (14,23%), silicato de calcio (0,57), edulcorante (0,18%) y saborizante-etilvainillina (0,48%).
- Se consideró a la proteína aislada de soya, al edulcorante y al saborizante como factores que maximizan la aceptabilidad sensorial de la bebida, según la Metodología Taguchi, los cuales fueron tomados como base para la etapa posterior de optimización de la formulación.
- Las cantidades de los ingredientes proteína aislada de soya, edulcorante y saborizante con los cuales se maximizó la aceptabilidad sensorial de la bebida para el atributo sabor mediante el método de Superficie de Respuesta fueron: 46, 0,18 y 0,48%, respectivamente.
- El contenido de proteínas presente en la bebida en polvo por porción del producto representa el 8% del Valor de Referencia del Nutriente (VRN). Considerando que el máximo contenido de proteínas presente en la bebida depende de la máxima aceptabilidad sensorial de la misma, ésta puede ser considerada como una bebida “con alto valor proteico comercial”.

- Se obtuvo una bebida en polvo “baja en calorías” con 37,5 kcal, “baja en grasa” con 0,32 g de grasa y “baja en carbohidratos” con 1,5% del valor diario de este nutriente, por cada porción de 10 g del producto.
- El costo al público de la bebida en polvo obtenida por presentación de 180 g resultó más económico que la bebida con características similares pero sin soya presente en el mercado.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas con otros saborizantes diferentes al empleado en la presente investigación con la finalidad de presentar al consumidor un producto más dinámico.
- Realizar un estudio de vida en anaquel del producto desarrollado con la finalidad de determinar el tiempo de vida útil del mismo.
- Difundir el empleo de las metodologías de Taguchi y de Superficie de Respuesta en el desarrollo de nuevos productos alimenticios mediante la elaboración de nuevas tesis al respecto.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ACHA, N. 1997. Efecto del aislado proteico de soya en el sabor, aroma y textura del yogurt natural afluado. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
2. AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. 2002. Simplemente tome Soja. Una receta para el éxito. Consultado 24 Junio 2008. Disponible en <http://www.amsoy.org>.
3. ANZALDUA-MORALES, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España.
4. AYALA, J Y PARDO, R. 1995. Optimización por diseños experimentales. Consejo nacional de Ciencia y Tecnología. Lima. Perú.
5. BADUI, S. 1999. Química de los Alimentos. Longman de México Editores. S.A. México.
6. BECKETT, S. 1994. Fabricación y utilización industrial del Chocolate. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
7. BORREGO, F. 2000. Edulcorantes de alta intensidad en bebidas refrescantes. Alimentación Equipos y Tecnología. Año N° 19. 4:115-119.
8. CARABIN, I Y CARY, W. 1999. Evaluation of Safety of Inulin and Oligofructose as Dietary Fiber. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 30:268-282.
9. CARPENTER, R.; LYON, D. Y HASDELL, T. 2002. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España.
10. CHEFTEL, J.; CUQ, J. Y LORIENT, D. 1989. Proteínas alimentarias. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España.
11. CODEX ALIMENTARIUS. 1997. Norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados. CAC/GL 24.
12. CODEX ALIMENTARIUS. 2000. Informe de la 22ª reunión del comité del Codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. Berlín .Alemania.
13. CODEX ALIMENTARIUS. 2004. Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables. CAC/GL 23.Rev. 1.1-7 p.

14. CUBERO, N.; MONFERRER A. Y VILLALTA, J. 2002. Aditivos alimentarios. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
15. DE LUNA, A. 2006. Valor nutritivo de la proteína de soya. Investigación y Ciencia. Septiembre- Diciembre. 14(36):29-34.
16. DESHPANDE, R.; CHINNAN, M. Y McWATTERS, K. 2007. Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. Swiss Society of Food Science and Technology. Elsevier Ltd. 1-8p.
17. ENCINA, C. 2005. Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en almíbar aplicando los Métodos Taguchi y Superficie de Respuesta. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
18. FDA (U.S. Food and Drug Administration).1995. La nueva etiqueta de los alimentos (en línea).Estados Unidos. Consultado 16 Oct. 2007. Disponible en <http://www.fda.gov>.
19. FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2000. Guía para entender y aprender a utilizar las tablas de datos de nutrición en las etiquetas de alimentos. Consultado 16 Oct. 2007. Disponible en <http://www.fda.gov>.
20. FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2000. Soy: Health claims for Soy Protein, Questions about other components. Consultado 16 Oct. 2007. Disponible en <http://www.fda.gov>.
21. FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2004. Calories Count. Report of the working group on obesity. Consultado 24 Junio 2008. Disponible en <http://www.fda.gov>.
22. FENEMA, O. 1993. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
23. FERNANDEZ, M. 2006. Diseño Robusto de productos. Universidad del País Vasco.
24. FIGUEROA, P. 2003. Optimización de una Superficie de Respuesta utilizando JMP IN. Mosaicos Matemáticos N° 11:17-23.
25. GALLEGOS, S. 2003. Diseño y desarrollo de kekitos elaborados a partir de torta de castañas (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

26. GALVEZ, A.; PLANELLS, E.; RUBIO, G.; VENEGAS, E.; ARANDA, P. Y LLOPIS, J. 2001. El cacao como fuente de magnesio. Alimentación, Equipos y Tecnología. 20(163): 71-74.
27. GENZLING, F. 2004. Tendencias en sabores y bebidas no alcohólicas en el mercado mexicano. Mundo Alimentario. Septiembre-Octubre. 3-8 p.
28. GIBSON, G. 2004. Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). Clinical Nutrition Supplements. 1:25-31.
29. KASZAS, P. 2006. El Desarrollo de nuevos productos. España. Consultado 16 Junio 2008. Disponible en <http://www.masterdisseny.com/master-net/articulos/art0133.php3>.
30. KOTLER, P. 2002. Marketing Management: Analysis, planning, implementation and control. Prentice Hall. USA.
31. KUEHL, R. 2001. Diseño de Experimentos. 2da. Edición. Thomson Editores S.A. de CV. México.
32. LIU, K. 1999. Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization. Aspen Publishers Inc. USA.
33. LYNDEN, G y LORIENT, D. 1996. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España.
34. MADRIGAL, L Y SANGRONIS, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Archivos latinoamericanos de Nutrición. 57(4):387-395.
35. MARFIL, R. 1991. Una herramienta para el mejoramiento de la calidad. Tecnología de Alimentos. Vol.25, N°5. México.
36. MEDINA, P.; CRUZ, A. Y RESTREPO, J. 2007. Aplicación del Modelo de Experimentación Taguchi en un Ingenio azucarero del Valle del Cauca. Ciencia et Técnica. Año XIII. N° 34. Universidad Tecnológica de Pereira. 337-341 p.
37. MENDEZ, I. 2007. Metodología de Superficie de Respuesta. Universidad Autónoma de México. 1-20 p.
38. MONTGOMERY, D. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F.
39. MONTGOMERY, C. 2002. Diseño y Análisis de Experimentos. 2da. Edición. Editorial Limusa, S.A. México D.F.

40. MULTON, J. 2000. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
41. NORMA TECNICA PERUANA. NTP 208.007.1999. Cacao y Chocolate. Cacao en polvo (Cacao) y mezclas secas de cacao y azúcar. Requisitos. 2 da. edición. INDECOPI.
42. ORMEÑO, R. 2004. Optimización de la formulación de helados *light* aplicando los Métodos Taguchi y Superficie de Respuesta. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
43. PASIN, G. y MILLER, S. 2004. Proteína del suero lácteo y la nutrición del deporte. Manual de referencia para los productos de suero y lactosa estadounidenses. U.S. Dairy Export Council. USA. 64-66 p.
44. PEDRERO, D. Y PANGBORN, R. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Editorial Alhambra Mexicana. México.
45. RAFECAS, M Y CODONY, R. 2000. Estudio nutricional del cacao y productos derivados. Informe elaborado por el Instituto del Cacao y el Chocolate (ICC). Universitat de Barcelona. España.
46. ROBERFROID, M. 2002. Functional food concept and its application to prebiotics. Digest Liver Dis. 34 (Supple.2.):S105-S110.
47. SALAS, W. 1981. Obtención de una bebida de soya (*Glycine max* L.) en polvo a partir de frijol de soya integral. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
48. TATE & LYLE. 2007. Jarabes de glucosa y otros ingredientes en polvo. Amylum Group. Bélgica.
49. U.S. Dairy Export Council. 2004. Manual de referencia para los productos de suero y lactosa estadounidenses. American Dairy Products Institute. USA.
50. VARNAM, A. Y SUTHERLAND, J. 1997. Bebidas. Tecnología, química y microbiología. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
51. WOUTERS, R. 2005. Los beneficios de la inulina y la oligofructosa en los Helados. Mundo Lácteo y Cárnico. Julio-Agosto.29-31p.
52. XALABARDER, R. 2007. ¿Quién teme al aditivo feroz? .Alimentatec. Asociación Nacional de Fabricantes de Complementos Alimentarios. Madrid. España.

53. YACUZZI, E.; MARTIN, F.; QUIÑONEZ, H. Y POPOVSKY, M. 2005.El diseño experimental y los Métodos de Taguchi: Conceptos y aplicaciones en la Industria Farmacéutica.
54. ZAVALA, M Y FINKENTHAL, K. 2006. Tecnología de bebidas en polvo. MK. Flavors & Co. México, S.A. de C. V.

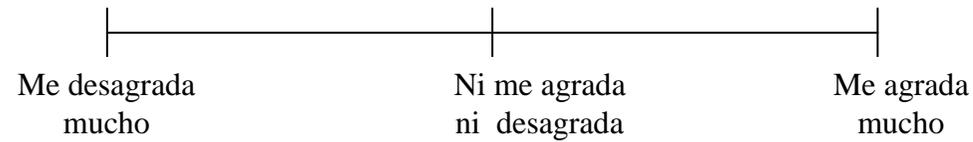
VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Edad----- Fecha ----- Sexo

F	M
---	---

Por favor, deguste UD. las muestras presentadas y **marque con una barra “ ”** sobre la línea de la escala, **según su apreciación en cuanto al sabor:**



Observaciones :-----

ANEXO 2

FOCUS-GROUP

“Diseño y Desarrollo de una bebida nutritiva de soya con bajo aporte de calorías e inulina”.

CUESTIONARIO:

- a) ¿Qué busca UD. en una bebida nutritiva?
- b) ¿Cuál cree UD. que es la característica principal de una bebida en polvo?
- c) ¿Qué espera UD. como consumidor de una bebida a base de soya?
- d) En cuanto al sabor de los productos a base de soya presentes en el mercado, ¿modificaría UD. algo?
- e) ¿Qué consideraciones tendría UD. en cuenta para el desarrollo de una bebida de soya baja en calorías?
- f) Si UD. tendría que ofrecer una bebida nutritiva a base de soya y baja en calorías ¿cómo la ofrecería? y ¿cómo la presentaría?

JYO:

A ¿Qué busca UD. en una bebida nutritiva?

Lo que buscaría en una bebida nutritiva sería tres cosas fundamentales:

1. Definir el tipo de nutriente o nutrientes que tendría como componente la bebida en función a un estudio de mercado y en función a un concepto trabajado en conjunto con el área de Marketing. Resaltar el nutriente o nutrientes elegidos.
2. La mejor relación calidad nutricional-precio de la bebida.
3. Que sensorialmente sea agradable al paladar.

B. ¿Cuál cree UD. que es la característica principal de una bebida nutritiva en polvo?

Calidad y cantidad del nutriente o nutrientes que dice poseer.

C. ¿Qué espera UD. encontrar en una bebida a base de soya?

Esperaría encontrar un valor proteico adecuado a las necesidades del consumidor y un sabor agradable.

D. En cuanto al sabor de los productos a base de soya presentes en el mercado, ¿modificaría UD. algo?

Modificaría el sabor y trataría de conseguir un sabor más agradable al paladar.

E. ¿Qué consideraciones tendría UD. en cuenta para el desarrollo de una bebida de soya baja en calorías?

1. Definir y establecer el concepto bajo en calorías, es decir especificar el término “bajo en calorías” en función ya sea al contenido de carbohidratos, proteína o grasa.
2. Establecer los parámetros sobre los cuales voy a trabajar la bebida en función a las normas legales.
3. Establecer o buscar los mejores insumos con la finalidad de cumplir el concepto de “bajo en calorías”.

F. Si UD. Tendría que ofrecer una bebida nutritiva a base de soya y baja en calorías ¿cómo la ofrecería? y ¿cómo la presentaría?

La ofrecería tratando de resaltar los beneficios de la proteína de soya, comparándola versus los otros tipos de proteínas como la de la leche o la del huevo.

Respecto a cómo la presentaría, realizaría un pequeño estudio de las bebidas que circulan en el mercado con la finalidad de conocer cuál es la presentación que tiene mayor impacto en el consumidor.

PBB:

A ¿Qué busca UD. en una bebida nutritiva?

Que contenga el nutriente en el cual está interesado el consumidor, es decir que otorgue los nutrientes que el consumidor necesita ingerir: vitaminas, proteínas, minerales, fibra, etc.

B. ¿Cuál cree UD. que es la característica principal de una bebida nutritiva en polvo?

Rápida solubilidad, ausencia de sedimentación en el tiempo y lógicamente que contenga cantidades significativas del nutriente que dice poseer.

C. ¿Qué espera UD. encontrar en una bebida a base de soya?

Esperaría encontrar un alto contenido de proteínas y el sabor más natural posible, es decir que no se perciba como demasiado artificial o sintético.

D. En cuanto al sabor de los productos a base de soya presentes en el mercado, ¿modificaría UD. algo?

Sí, modificaría el sabor y trataría de obtener un sabor que el consumidor lo perciba como lo más natural posible.

E. ¿Qué consideraciones tendría UD. en cuenta para el desarrollo de una bebida de soya baja en calorías?

Establecer la proporción de ingredientes, de tal forma que cumpla con la definición de “bajo en calorías” según la normativa vigente.

G. Si UD. tendría que ofrecer una bebida nutritiva a base de soya y baja en calorías ¿cómo la ofrecería? y ¿cómo la presentaría?

La ofrecería tratando de resaltar que contiene soya, el alto contenido de proteínas o algún otro ingrediente o nutriente que pueda llamar la atención del grupo consumidor hacia el cual está dirigida la bebida.

Respecto a cómo la presentaría, sin duda, en sobre para una única toma, de tal forma que el consumidor pueda abrir su sobre adicionar el contenido a un vaso con agua y beberlo en cualquier momento del día, además que dicha presentación sería fácil de transportar (cartera, billetera, bolsillo) y también hay que pensar en la presentación familiar, llamativa pero económica.

ANEXO 3

Referencias de profesionales con experiencia en Investigación y Desarrollo de productos que participaron en el *Focus-group*.

Nombre	JYO
Profesión:	Licenciado en Química
Centro de Estudios:	Universidad Peruana Cayetano Heredia
Tiempo de experiencia laboral en el área de Investigación y Desarrollo de productos:	11 años
Lugar de trabajo:	Buenos Productos S.A.
Cargo:	Jefe de Investigación y Desarrollo

Nombre	PBB
Profesión:	Licenciado en Química
Centro de Estudios:	Universidad Peruana Cayetano Heredia
Tiempo de experiencia laboral en el área de Investigación y Desarrollo de productos:	10 años
Lugar de trabajo:	Buenos Productos S.A.
Cargo:	Asistente de Investigación y Desarrollo

ANEXO 4

Respuestas de la prueba de aceptabilidad sensorial – Método Taguchi

uez	Formulaciones			
	1	2	3	4
1	5	4.6	4.6	5.1
2	5	2.5	7.7	0.4
3	5	8	7.6	8
4	5	6.6	7.5	9.8
5	5	7.5	6.9	7
6	8	7.15	9.15	2.4
7	5.4	5	5	2.6
8	5	6.8	5	6.2
9	5	6.9	0	4.11
10	8.1	5	5	10
11	10	5	5	5.5
12	5.4	6.5	5.5	5
13	4.5	5.5	5	5
14	4.7	5.5	5	5
15	5	7.1	5	0
16	10	7	10	9.2
17	9.7	6	0	0
18	10	5.5	5.6	0
19	5	6.5	10	5.4
20	9.7	5.5	10	0
21	9.7	6	5	5
22	10	6.1	0	5
23	5	5.5	5	5
24	5	7	5.7	5.2
25	0	5.4	5	5.4
26	5	7.2	5	6.4
27	5.45	5	5	10
28	10	7.7	4.9	5
29	10	7.1	7.5	6
30	9.9	5	10	10
31	5	5.5	0.5	5.5
32	5	5.3	5	10
33	5	5.2	5	10
34	5	6.1	5	4.4
35	5	5.1	5	5
36	5	5.4	7.55	8.1
37	4.7	6.4	5	5
38	5.5	3.5	5	8.1
39	6.1	7.2	9.7	5
40	5.3	6.2	5	5
41	5.3	5	10	7.7
42	5.3	5	5	5
43	7.3	5	5	10
44	5	3.2	4.15	5
45	0.3	4.9	3.35	5
46	5	7.1	5	5.5
47	7.6	7.5	5	5.3
48	5	6.8	5	10
49	5.1	5.4	7.6	6.2
50	5.2	5.5	7.5	8

Juez	Formulaciones-Rélicas			
	1	2	3	4
1	4.9	4.4	9.6	5.4
2	5.3	2	7.5	2.5
3	5	7.5	5	8.5
4	5	5.1	5.2	9.3
5	5.2	7.5	5	6.5
6	7.6	7.5	5.2	3.5
7	5.3	5	5	3.7
8	4.8	6	5.8	4.8
9	5.1	6.4	5	4.9
10	7.9	5.6	4.5	9.7
11	5.5	5	7.5	5.6
12	6.3	5.7	5	5.2
13	4.7	6.3	6.5	4.9
14	4.9	5.9	4.4	5
15	5.2	7.1	5.2	2.3
16	9.8	6.5	5.4	9
17	9.6	6	5.6	2
18	7.6	5	5.9	1
19	6.1	6.3	8.5	5.5
20	9.8	5.8	6.9	2.5
21	9.7	6.5	5.3	4.9
22	10	6	2.5	5.15
23	5.1	4.9	5.3	5
24	4.9	7.5	5.2	5.3
25	0.5	5.2	5.9	5.3
26	5.1	7.4	5.7	5.4
27	5.5	5.4	5.6	8.5
28	9.1	7.5	5.3	4.9
29	10	7.2	7.9	5.5
30	9.7	5	9.5	9.5
31	5.2	5.3	3.5	5.5
32	4.7	5.4	5.2	9.7
33	5.1	7.5	5.3	8.5
34	4.9	5.8	5.2	4.3
35	5	5.6	4.9	6.5
36	5	5.4	5.3	7.2
37	4.9	6	5.6	3.5
38	5.4	2.5	5	7.7
39	6.3	7.9	6.5	5.2
40	5.4	6.5	5.5	5
41	5.5	5	7.4	6.5
42	4.9	4.5	5.8	5.1
43	8.4	4.3	5.5	9.5
44	5.6	3.9	5	5.6
45	0.5	5.2	4.5	5.6
46	5.25	7.8	4.6	5.65
47	7.4	7	5	5.4
48	6.2	7.5	5	8.6
49	5.1	5.2	5.5	5.7
50	5.2	5.3	6.9	7.9

Juez	Formulaciones			
	5	6	7	8
1	5	5	10	7.9
2	5	7.1	4.9	5
3	5.2	5.2	9.7	3.1
4	10	8.1	3.5	5.7
5	5	7	2.6	7
6	5.7	8.6	5	5.6
7	5.9	5	5	8
8	10	10	5	4.5
9	5	10	7	6
10	7.6	10	8.5	5
11	5	0	9.5	2.5
12	5	0.9	6.6	9
13	5	6.1	5	2.4
14	0.7	8.7	6.5	0
15	5	5.9	8.5	5
16	5	8.5	6	1
17	5	10	5	5
18	9.7	7.4	5.3	7
19	5.5	6.3	5	7
20	6.2	8.5	10	6
21	4.2	5.3	5	7.5
22	5	10	5	5
23	5.7	5	5	7.9
24	5.3	9.7	10	8.2
25	5	3.6	6.9	6.9
26	5	5.3	10	5
27	10	5.5	7.5	7
28	7.9	6.5	5	10
29	0.7	9.7	7	5.5
30	5	7.3	5.9	8.6
31	5	5	8.6	5.6
32	5.1	10	10	5
33	6.5	8.6	10	5.7
34	5	3	5	5
35	5	7.3	7.2	5
36	10	5	5.8	5
37	1.7	10	8.8	8
38	10	5	7.3	5
39	4.9	5	5	5
40	9.7	0	5.4	5.7
41	8	5	5.9	7.2
42	8.4	7.5	5	6.2
43	5.7	5.5	5	7.5
44	7.2	8.4	5.7	5
45	4.5	0	10	7
46	7.1	10	7.2	5
47	7.2	10	5.2	10
48	5	5	9.3	5
49	5	10	10	5
50	6.2	5	10	10

Juez	Formulaciones-Rélicas			
	5	6	7	8
1	6	5	6	6.5
2	5.2	9.5	4.5	4.9
3	5	7.8	8.5	2.5
4	5	5.1	4.5	5.5
5	5	5.2	2.5	5.5
6	5	9.6	5.2	5
7	9.7	5.4	5	7.5
8	5.5	9.5	4.9	5
9	7.5	10	7.2	5.5
10	7.2	9.8	8.5	5
11	5.5	2.3	7.8	3
12	5	1.5	7.6	7.5
13	2.5	5.5	7.9	5.5
14	5.2	7.5	5	2.5
15	5.5	6.3	8.9	5
16	5.8	6.7	5.5	2.5
17	7.5	7.9	5.9	3.5
18	6.1	9.4	5.5	6.7
19	5.7	6.3	5	7.5
20	5.1	8.2	9.8	5.5
21	5	5	6.7	7
22	5.2	9	5.8	5.5
23	5.5	4.9	5.5	8.5
24	5.3	5.7	9.5	8.2
25	5	4.2	6.3	5.9
26	9.5	5.5	10	5.2
27	6.5	5	7.8	6.8
28	2.5	9.6	8.5	10
29	5.5	9.7	5.6	6.5
30	5	7.1	6.7	7.9
31	7.1	5.2	8.9	6.7
32	5	5	9.5	5.5
33	5	5	10	5.8
34	5	8.5	5.3	5
35	9.4	7.5	6.5	5
36	0.5	8.5	5.5	5.3
37	9.8	8.6	7.9	7.5
38	4.8	5.2	8.3	5.6
39	8.7	5.1	5.3	5.9
40	7.5	3	5.4	5.7
41	7.5	5	5.9	5.9
42	5.2	6.9	6.2	6
43	5.1	5	8.7	6
44	6.5	5.8	6.2	5.5
45	7	6.5	9.5	5.3
46	6.5	9.6	6.4	5.3
47	6.5	9.8	5	8.5
48	5.5	5	6.5	4.9
49	5.5	7.5	7.5	5.5
50	7.5	6.3	8.3	5.5

ANEXO 5

Respuestas de la prueba de aceptabilidad sensorial - Superficie de Respuesta.

Juez	Formulaciones				
	1	2	3	4	5
1	9.5	10	8	0	7.5
2	10	10	5.2	8	9.8
3	8.5	5	5	5	8
4	8.2	5.5	5.3	5	10
5	5	6	5	5	5.4
6	10	7.4	5	10	7.7
7	10	7	10	5	5.2
8	8.2	1.5	5	5.6	6.2
9	10	7.3	5	8.3	10
10	8.6	5.8	8	5	7
11	5	9.6	10	5	6.2
12	9.2	6	5	7.4	10
13	9.3	5	9.7	5	9.2
14	5.4	1.6	5.3	10	10
15	6.9	7.5	10	9.6	2.3
16	5	5	8.7	5	10
17	5.8	10	10	5	5.6
18	10	6.1	5	5	10
19	7.4	6.8	10	5.2	7.6
20	5.9	5	4.1	5	5.4
21	6.4	10	5.4	7.5	7.2
22	7	7.4	5	5	8.2
23	5	5	6.7	5	1.9
24	6.6	5.5	5.2	5	6.9
25	7	2.4	5	5	8.5
26	10	5.2	5	5.3	10
27	6.7	5.4	7.9	5	8
28	7.5	5.6	6.9	7.2	10
29	5	5	5	0	9.7
30	10	5.3	5	7.2	10
31	9	5.2	9.6	5.6	10
32	5	9	5	5	10
33	7	5.5	5	10	8.5
34	8.1	4.4	5	5	6.9
35	10	10	6.4	10	5
36	5	10	5.2	5.8	5
37	5	5	5	5	7.5
38	4	5	10	8.1	4.2
39	4.6	6	5.7	9.3	10
40	8.5	5	10	5.6	8.6
41	7.6	5	5	7.2	7
42	5.5	5.5	5	7.5	10
43	7.2	7.5	10	7.6	8.4
44	8.2	5.7	10	5.7	8.4
45	10	6.7	10	10	9.1
46	8	3	5	9.5	9.8
47	8.8	5	9.8	10	9.5
48	10	0	5	5.3	8.1
49	5	5.4	9.9	8	10
50	8.5	6.2	8	5.5	7.2

Juez	Formulaciones				
	6	7	8	9	10
1	6.2	8	5	10	8.4
2	7.1	5	0	9.1	7
3	10	4.7	5.6	5	3.1
4	7.1	6	7.7	9.5	1.9
5	7.7	0	9	5	5
6	5.2	0	6.4	5	5
7	5	4.3	9.3	7	6.7
8	0	6.6	5	6.8	0
9	8	7.2	5	10	7.3
10	7	6	6.9	9.5	9
11	10	5.2	6.8	9	5
12	9.7	7.6	5.6	6.5	5
13	5	6.3	9.5	7.8	3.6
14	10	4.5	5.9	5.4	10
15	7	4.4	4.7	4.5	7.5
16	5	7.5	5	10	7.5
17	10	7.3	10	5.5	7.4
18	8	6.5	5	8.5	8.1
19	7.2	7.3	5	10	8.5
20	7.4	7.6	8.1	10	5.2
21	7.1	6.1	9.8	10	7.5
22	5	4.8	6.1	10	8.3
23	8.5	5	5	10	5
24	7.5	7.8	5	8.3	5
25	10	5.7	5.3	10	7.4
26	10	9	5	5	5.2
27	6.2	5.2	5	10	0
28	5	8.1	5	10	5
29	6.3	5	5	5	5.3
30	6	5	6.7	8.8	5.1
31	7.1	5	5.2	9.5	5
32	5.2	6.2	5.1	8	5
33	5	7.3	5	7.6	5
34	5	6	6.8	6.1	6
35	5	5.2	6.5	6.5	9
36	6.1	5.3	6.4	9.1	8.3
37	6	5	5.5	9.5	8.1
38	5	5	5.3	10	7.6
39	5	6.4	5.5	10	7.5
40	7	5.8	6	10	7.4
41	6.9	5.6	6.1	8.2	8.3
42	7.2	6.5	7.2	8.3	8.5
43	5.6	4.5	5	7.8	8.4
44	7.3	4.6	5.2	7	5.3
45	6.3	4.4	5	5.2	5
46	6.1	7.1	6.8	5.1	7.4
47	5	6	6.5	5	7
48	5.5	6.2	6.9	6.8	6
49	6.2	4.9	7.1	8.1	5.6
50	6.3	6	6.6	8.5	6.3

Juez	Formulaciones				
	11	12	13	14	15
1	9.3	6.2	9.3	9	10
2	10	6.7	7.2	8	2.6
3	10	5.6	10	7	6.6
4	8.5	10	10	5.4	8.8
5	6	9.6	9	5.8	9.8
6	8	10	5	7.5	6.1
7	6.9	5	7.5	9.2	5.1
8	10	5	6.7	9.9	5
9	10	5.4	5.7	5	6.6
10	7	10	8.1	10	9.5
11	5	5	5	7.6	8.6
12	8.2	10	8.2	8.2	5.8
13	5.6	9	8	5	7.1
14	5	7.2	5.2	5	8
15	7.5	7.5	5.3	8.9	7
16	5.3	8.5	5	7.5	6
17	5	9.2	7.2	5.9	7.5
18	5.7	5	5	4.6	7.2
19	8.5	8	5	4.5	6.7
20	5.1	5.6	5	10	5
21	8	8	5	7.3	5
22	5	7	10	5.4	5
23	9	5	10	5.7	6.1
24	9.7	8.4	5	10	9.2
25	4.5	10	9	9.7	5.6
26	10	10	9.8	6.3	6.2
27	9	9	10	4.6	5.6
28	7.6	8.5	8.2	10	5.4
29	8	6	9	5	6
30	10	8.1	6.8	8.2	6.1
31	10	9	10	5.6	7
32	10	8.9	10	5.6	7.1
33	10	6	7.3	5.8	6.5
34	5	8.5	5.1	5	6.6
35	5	9	5	5	5
36	7.3	7.1	5	7.3	5
37	7.6	7.1	6.2	7.4	5.1
38	7.5	5	6.5	7	7.5
39	7	5.2	6.3	4.6	7.4
40	8.4	8.1	5.3	4.8	7.2
41	8.5	8	7.2	8.2	5.5
42	9.5	8.2	7.3	8.6	5.4
43	9.3	5.2	8.2	9	6.2
44	6.4	5	5	9.5	7.1
45	7	7.1	5	7.3	7.2
46	5.4	6.3	9	7.5	6.6
47	5.2	4.9	5.6	8	6.5
48	8.2	7.2	6.6	5.4	6
49	8.1	7	5	8	5
50	7.2	7.1	6.3	5	5.1

ANEXO 6

**Respuestas de la prueba de aceptabilidad sensorial - Superficie de Respuesta
(niveles de los factores modificados).**

Juez	Formulaciones				
	1	2	3	4	5
1	8	8.8	5.7	8	7.8
2	10	7.8	7.6	6.9	6.7
3	7	8.9	6.4	7.5	7
4	4.2	9.7	7.1	6.4	8.5
5	10	10	10	9.2	7
6	10	10	9.8	10	8
7	10	8.7	6.1	7.5	8.1
8	6.9	10	5	7.1	9.3
9	7.5	6.1	5	6.8	10
10	5	10	5	8.2	10
11	10	5	7.9	9	10
12	10	5	10	8.2	10
13	9.2	8.2	9.2	6.7	8.5
14	7.6	9.1	5.2	5	7.3
15	6.8	7.9	10	6.9	5.7
16	10	9.6	7.5	7.8	8.8
17	6	8.8	7.6	10	5.4
18	5	9.2	7.5	7.6	7.5
19	9.1	10	5	6.8	8.9
20	10	7.7	6	10	7
21	10	7.2	5	9.6	9.2
22	8.7	6.6	6	7	9.7
23	10	10	10	9.9	9.7
24	8.6	5	7	5.3	5
25	9.1	9	7.7	9.7	8.7
26	10	10	8.7	9.8	9.2
27	10	9.1	7.5	6.7	9
28	7.5	10	6.5	9.2	5
29	8.5	8.7	5	6.8	5.4
30	8.5	10	5	6.1	5
31	9	8	5	7.5	9.6
32	9.2	9.5	7.6	7.4	5
33	7	8.2	6.1	9.1	8.9
34	9.1	7.5	6.2	8	10
35	10	7	6	8.5	10
36	10	10	5	6.3	10
37	6.5	8	8.5	7.2	9.5
38	6.7	8.2	7	8	8.6
39	6.5	8	7	8.2	7.5
40	7.2	7.1	7.5	9.3	7.5
41	9.3	10	6.4	10	8.3
42	9.2	6.5	5.8	10	9.6
43	9.4	7.2	5.5	9.5	10
44	5	8.2	5.7	8.4	10
45	7	9.1	6	10	9.7
46	5	7.8	6.2	9.6	6.8
47	8	7.6	6.1	9.5	7.9
48	8.2	5	7.6	10	8.5
49	8	5	7.2	10	9.3
50	7.5	5	8.1	8.2	9.2

Juez	Formulaciones				
	6	7	8	9	10
1	5.4	5.6	8	6	5.9
2	4.7	8.2	10	6.1	9.5
3	9.1	5.4	7	4	7.2
4	7.5	5.8	4.2	8.3	8
5	5	5	10	9	7.6
6	7.5	5	10	8	5
7	9.5	6.2	10	9.4	5
8	5	8	6.9	7.5	9
9	10	9.7	7.5	6.8	9.8
10	8	9.7	5	7.3	7.1
11	9.5	9.2	10	8.5	8.7
12	10	6.2	10	5.2	10
13	9.4	8.8	9.2	7.8	10
14	9.1	5	7.6	10	7.7
15	9.5	7.2	6.8	10	8.2
16	8.1	5.6	10	10	9
17	9.2	8.5	6	5	6.8
18	8.1	7.6	5	8	5.9
19	5	6.3	9.1	5	8
20	9.6	9.7	10	4.5	9
21	10	5	10	9	10
22	10	5.5	8.7	10	10
23	5	8.1	10	5.5	8.5
24	10	5.5	8.6	7	8.9
25	5	6.5	9.1	6.6	7.8
26	5.4	6.5	10	9	9.5
27	6.4	7	10	6.2	9.5
28	6.4	8.2	7.5	7.2	7.5
29	4.3	6.3	8.5	5	7.2
30	5	6	8.5	10	9.2
31	5	9	9	4.3	9.1
32	7	9	9.2	10	5.6
33	8	8.7	7	5.2	7
34	9.3	8.5	5.1	4.8	8.1
35	9.6	6.1	10	9.5	8.2
36	8	6	10	6.2	7.5
37	9.2	7	6.5	6.2	5.2
38	7.9	6.5	6.7	5	5.5
39	8.2	7	6.5	8	8.3
40	8.2	6.3	7.6	8.9	7.6
41	10	8.5	9.3	7.9	7.9
42	10	8	9.2	9.5	10
43	10	6.9	7	7	10
44	9.5	5.6	5	7	9
45	9.5	8.2	7	7.5	8.2
46	9.4	6	5	6.8	7.1
47	9.6	6.5	8	6.8	7
48	7.5	9.2	8.2	7	10
49	8	9	8	10	9
50	9.1	9	7.5	10	8.5

Juez	Formulaciones				
	11	12	13	14	15
1	5	10	10	9.4	8
2	10	5.8	7.8	6	10
3	6.4	5	9	10	7
4	5	7.4	8	8.6	4.2
5	7	5	5	8.2	10
6	6.4	7	10	9.8	10
7	7.2	5	8	10	10
8	6.2	10	9.3	8	5.1
9	10	5	8.1	8.5	7.5
10	10	9.6	5	5	5
11	7.3	10	7.6	10	10
12	7	5	8.2	10	10
13	10	9.1	7.5	5	8
14	7.5	10	7.2	5	7.6
15	8	9.1	8	4.5	6.8
16	10	5	8	9.8	10
17	7.8	8.5	8.1	6.4	6
18	9.1	5.4	5	10	5
19	8.6	10	6.5	10	9.1
20	7.9	5	6.5	10	10
21	9.8	9.5	6	10	10
22	6	10	6	5.5	8.7
23	7.5	9.9	8.5	6	10
24	6	9	8.2	5.5	7.6
25	6	7.5	8	8	9.1
26	7.2	9	8	7.5	10
27	7.5	5	7.5	7.2	5.5
28	10	4.6	6.9	7	7.2
29	8.2	9	9	7	8.5
30	6.5	9.2	9	7	7
31	6.5	7.5	9.5	6.5	9
32	5	7	8.5	8.4	9.2
33	7.1	7.5	7.5	8.2	7
34	7	9	8.2	8.5	9.1
35	6	9	8.4	8	8.6
36	6	8.5	8	5.5	8.2
37	8.5	8	6.9	5	6.5
38	8.3	8	7.5	5	6.7
39	9	10	7	6.5	6.5
40	10	5	7	6.4	7.2
41	7.5	5	6.9	6.5	9.3
42	8.2	6.5	8.1	6.3	7
43	7.1	7	7.6	10	9.1
44	5	7	7.4	10	5
45	9.2	9	5.9	7.2	7
46	10	9.1	7.3	7.1	5
47	9	5.8	6.9	7	8
48	7	7.4	9.2	6.4	8.2
49	7.2	10	5	8.5	8
50	5	9.1	8.9	7.1	7.5

ANEXO 7



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO DE QUIMICA



INFORME DE ENSAYOS
DQ-5000-168/2007

Solicitante : SANDRA CIURLIZZA CELIS
Fecha de Ingreso : 19 de Marzo 2008.
Producto declarado : BEBIDA ACHOCOLATADA.
Marca : s/m
Ensayos solicitados : FISICO/QUIMICO.
Fecha de Entrega de Resultado : 17 de Abril 2008.

ENSAYOS FISICO/QUIMICOS:

ENSAYO	RESULTADOS
Análisis Físico Químico:	
1.- Humedad (g/100 g de muestra original)	4.91
2.- Cenizas Totales (g/100 g de muestra original)	5.37
3.- Grasa Cruda (g/100 g de muestra original)	3.21
4.- Proteína Cruda(g/100 g de muestra original)(Factor: 6.25)	41.85
5.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	44.66
6.- Energía Total (kcal/100g de muestra original)	374.93
7.- %Kcal. Prov. de Grasas (%kcal. proveniente de grasa)	7.71

METODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

- 11.- AOAC 1998 parte 931.04
- 2.- AOAC 1998 parte 972.15
- 3.- AOAC 1998 parte 963.15
- 4.- AOAC 1998 parte 970.22
- 5.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 6.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 7.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993

Atentamente :

Mg. Químico ~~Lizardo~~ Visitación F.
JEFE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUIMICO

Mg.Sc. ~~Elva María Rios Rios~~
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO DE QUIMICA



INFORME DE ENSAYOS

DQ-5000-169/2007

Solicitante : SANDRA CIURLIZZA CELIS
Fecha de Ingreso : 19 de Marzo 2008.
Producto declarado : BEBIDA ACHOCOLATADA.
Marca : s/m
Ensayos solicitados : FISICO/QUIMICO.
Fecha de Entrega de Resultado : 17 de Abril 2008.

ENSAYOS FISICO/QUIMICOS:

ENSAYO	RESULTADOS
Análisis Físico Químico:	
8.- Sodio (mg/100 g de muestra original)	880.00
9.- Calcio (mg/100 g de muestra original)	347.25
10.-Hierro (mg/100 g de muestra original)	15.03
11.-Ácidos Grasos Libres(g/100 g de grasa)	15.59
12.-Azúcares Reductores (g/100 g de muestra original)	13.12
13.-Azúcares Totales (g/100 g de muestra original)	27.75
14.-Fibra Dietaria Total (g/100 g de muestra original)	6.96
• Fibra Dietaria Insoluble(g/100g de muestra original)	6.64
• Fibra Dietaria Soluble(g/100g de muestra original)	0.31

METODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

- 8.- AOAC 1998 parte 985.35
- 9.- AOAC 1998 parte 985.35
- 10.- AOAC 1998 parte 985.35
- 11.- AOAC 1998 parte 940.28
- 12.- Miller 1959
- 13.- Rangana 1979
- 14.- AOAC 1998 parte 985.29

Atentamente :

Mg. Quim. ~~Lizardo~~ Visitación F.
JEFE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUIMICO

Mg.Sc. ~~Elva María~~ Ríos Ríos
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA



ANEXO 8



PROTEINA AISLADA DE **SOYA**

Producto:
Código:

A-AL-PS- PS-260

Descripción del Producto

La proteína Aislada de Soya Prolisse 500, es una proteína vegetal completa de alta calidad, que tiene la misma calidad de proteína que la leche, carnes y huevos. La proteína de soya tiene la puntuación PDCAAS mas alta posible para una proteína (1,0. Dicha puntuación es la medida de la digestibilidad y de la disponibilidad de los aminoácidos esenciales.

Aplicaciones

Es aplicable en productos carnicos, avícolas, carne molida, sustitutos carnicos, yogurt, helados, productos lácteos, sustitutos lácteos, sopas, salsas, alimentos preparados, bocados y barras energéticas.

Características

Sabor ligero, buena solubilidad, textura suave, alto contenido proteico, fuente de proteínas baja en grasa.

Análisis Químico

Proteína (N X 6.25, Base seca)min.	90.00%
Humedad	máx. 6.0%
Grasa (PE extracto)	máx. 0.8%
Cenizas	máx. 8.0%
Fibra	máx. 0.7%
pH	6.7-7.3

Análisis Microbiológico

Recuento Total	máx. 10,000/g
Salmonella	Negativo
E. Coli	Negativo

Análisis Físico

Color	Característico
Sabor	Blando

Composición típica de Aminoácidos

Aminoácido	g / 100g prod.	g / 100g Prot.
Alanina	3.8	4.3
Arginina	6.7	7.6
Ácido Aspartico	10.2	11.6
Cisteina	1.1	1.3
Ácido Glutámico	16.8	19.1
Glicina	3.7	4.2
Histidina	2.3	2.6
Isoleucina	4.3	4.9
Leucina	7.2	8.2
Lisina	5.2	5.9
Metionina	1.2	1.3

Empresa del Grupo Austracorp

Contacto:

AUSTRACORP (PERÚ) S.A. Camino Real 390 Oficina 601-602 San Isidro (Lima 27) Perú
Teléfono: + 51 1 2210475 Fax: + 51 1 221 1145 E-mail: ventas@austracorp.com.pe Web: www.austracorp.com.pe



PROTEINA AISLADA DE **SOYA**

Producto:
Código:

A-AL-PS- PS-260

Fenil Alanina	4.6	5.2
Prolina	4.5	5.1
Serina	4.6	5.2
Treonina	3.3	3.8
Triptofano	1.2	1.3
Tirosina	3.3	3.8

Almacenaje y Manipuleo

El producto debe ser almacenado en un área fresca (<20° C) y seca, alejada de fuentes de calor y olores, debe evitarse la exposición prolongada a la luz solar. La apropiada ventilación del área de almacenaje ayudará a mantener la vida útil del producto. La proteína Aislada de Soya tiene una vida útil de 24 meses apartir de la fecha de producción.

Aseguramiento de la Calidad

Este producto se ajusta a los requisitos establecidos en la Norma Técnica vigente.

Empresa del Grupo Austracorp

Contacto:

AUSTRACORP (PERÚ) S.A. Camino Real 390 Oficina 601-602 San Isidro (Lima 27) Perú
Teléfono: + 51 1 2210475 Fax: + 51 1 221 1145 E-mail: ventas@austracorp.com.pe Web: www.austracorp.com.pe

Product Sheet

Beneo® GR

DOC.A4-03*01/02

Description

Beneo® GR is a food ingredient consisting mainly of chicory inulin. Beneo® GR is a GRanulated powder.

chicory inulin is a mixture of oligo- and polysaccharides which are composed of fructose units linked together by $\beta(2-1)$ linkages. Almost every molecule is terminated by a glucose unit. The total number of fructose or glucose units (= Degree of Polymerisation or DP) of chicory inulin ranges mainly between 2 and 60.

Compositional Specifications

All values expressed on dry matter.

Analytical Methods : see our Technical Brochures.

inulin	> 90 %
glucose + fructose	≤ 4 %
sucrose	≤ 8 %
Dry Matter (d.m.)	97 ± 1.5 %
Carbohydrate content	> 99.5 %
Average DP of the inulin	≥ 10
Ash (sulphated)	< 0.2 %
Conductivity (15 Brix)	< 250 μ S
Heavy Metals	Pb, As each < 0.1 mg/kg Cd, Hg each < 0.01mg/kg
pH (10°Brix)	5.0 - 7.0

Microbiological Specifications

All values expressed on dry matter.

Analytical Methods : see our Technical Brochures.

Mesophilic bacteria - total count	max. 1000/g
yeasts	max. 20/g
moulds	max. 20/g
Thermophilic aerobic spores	max. 1000/g
Anaerobic H ₂ S producing thermophilic spores	max. 25/g
Enterobacteriaceae	absent in 1 g
Bacillus cereus	max. 100/g
Staphylococcus aureus	absent in 1 g
Escherichia coli	absent in 1 g
Clostridium perfringens	absent in 1 g
Clostridium botulinum	absent in 1 g
Salmonella	absent in 100 g
Shigella	absent in 10 g



Labelling

All values are average values expressed per 100 g commercial product.

Carbohydrates	8 (97 ¹⁾)	gluten	absent
Sugars	8	lactose	absent
Dietary Fibre ²⁾	89	Milk/meat/egg components	absent
Protein	absent	Seed/soy components	absent
Fat	absent	Insecticides, pesticides	absent
Vitamins and Minerals	Negligeable	Nuts, nut components	absent
Caloric value ³⁾	120 kcal/505 kJ	Colza	absent
Proteinheite ⁴⁾	0.65	Other allergens	absent
		Enzymatic activity	absent
		Folate	absent

N.D. = Not Detectable N/A = Not Applicable

1) including dietary fibre

2) measured by AOAC Method 997.08

3) based on a caloric value of 1 kcal/g for pure inulin. To be adapted to local regulations.

4) in accordance with German regulations.

Other Information

see also our Technical Brochures

Aspect	fine white granulated powder
Behaviour	hygroscopic
Taste	slightly sweet, without aftertaste
Solubility in water	120 g/l at 25°C - 350 g/l at 90°C
Wettability in water	Good.
Dispersability in water	Good. May require stirring.
Properties and Applications	See our Technical Brochures.
Particle Sizes	See document "Particle Sizes".
Density	approx. 580 ± 50 g/l
Labelling - Ingredients List	inulin
Safety	Safe. Not toxic. Not dangerous. Excessive consumption may cause laxative effects. Is, like other fine powders, when mixed with air and ignited, capable of causing an explosion.
Packaging	Paper bags on pallets, see 'Packaging Sheet Powders'
Optimal storage conditions	Cool and dry, in its original airtight packaging.
Maximum durability	See packaging (minimum 18 months upon delivery)
Transport conditions	According to document 'Transport Conditions'
Irradiation	Not irradiated
GMO	Not containing GMOs or GMO-derived components. Not produced using GMO-based technology.
Kosher	Certified, Orthodox Union
Halal	Certified, Halal Feed and Food Inspection Authority
Plant origin	Suitable for vegetarians & vegans
Produced by	ORAF TI - address on first page

Represented by :

To the best of our knowledge, this information is reliable but should not be considered as a warranty of any kind.
Specifications might be subject to change without notice



Specification Sheet**STAR-DRI® 100 Maltodextrin**

Routine Tests	Specifications	Test Numbers
Moisture	6.0% max.	46550
Dextrose Equivalent	9 - 12%	25617
Flavor	7 - 10	31071
pH	4.0 - 4.7	60550
Foreign Matter	5 ppm max.	32557
Haze	7.5 max.	37505
Color	10 max.	22568
Total Bacteria Count	1000 max/gram	10560
Yeast	50 max/gram	97010
Mold	50 max/gram	47010
Salmonella	Negative	10547
Foam	Pass/Fail	32005
SO ₂	10 ppm max	80035
Screen Analysis (10 Min. Ro-Tap):		
On U.S. #60	10% max.	69528
Through U.S. #100	80 - 100%	69550
Through U.S. #325	Record	69560
Thermophilic Spore Counts:		
Total Thermophiles	150 max/10 g	16010
Flat Sours	75 max/10 g	16011
Sulfide Spoilage Spores	5 max/10 g	16012
Gas Forming Anerobic Spores	4 max/6 tubes	16013

FDA Status

Complies with FDA Regulation 21CFR184.1444 as Maltodextrin - Generally recognized as safe.

Recommended Storage Conditions

Store at ambient temperature and humidities. Storage in a cool, dry area will increase shelf life.

Shelf Life

Twelve months.

(Revised 8/5/2003)