

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“DESARROLLO DE UNA BEBIDA BAJA EN CALORIAS A
BASE DE DURAZNO (*Prunus persica*) Y EXTRACTO DE
SOYA (*Glycine max Merr*) EDULCORADA CON ESTEVIA”**

Tesis para optar el Título de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

Bach. Abraham SULCA RONDINEL

AYACUCHO – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mis queridos Padres Germán y Aurora por su paciencia y sacrificio día a día durante mi formación académica, sin el cual no hubiese sido posible culminar mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*
- *Al Ing. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA por su apoyo incondicional, sin el cual no hubiese sido posible culminar este trabajo.*
- *Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad*
- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.	
I		
INTRODUCCION	1	
OBJETIVOS	3	
II		
REVISION DE LITERATURA		
2.1	EL DURAZNO (<i>Prunus persica</i>)	4
2.1.1	Aspectos generales	4
2.1.2	Clasificación taxonómica	5
2.1.3	Características	5
2.1.4	Composición fisicoquímica	6
2.1.5	Variedades	7
2.1.6	Valor nutricional y propiedades	7
2.1.7	Recolección y madurez	10
2.2.	LA SOYA (<i>Glycine max Merr</i>)	12
2.2.1	Generalidades	12
2.2.2	Taxonomía	13
2.2.3	Composición del grano de soya	13
2.2.4	Funcionalidad dela proteína de soya	16
2.2.5	Obtención de proteína de soya	17
2.3	CARACTERSITICAS SENSORIALES DE BEBIDAS CON SOYA	18
2.4	VIDA UTIL EN BEBIDAS CON PROTEINAS DE SOYA	19
2.5	PRODUCTOS DIETETICOS	20
2.6	BEBIDAS DIETETICAS	22

2.6.1	Los edulcorantes	23
2,7	LA ESTEVIA	25
2.7.1	Generalidades	25
2.7.2	Propiedades de la estevia	26
2.7.3	El esteviosido	27
2.7.4	Propiedades del esteviosido	28
2.8	EVALUACION REOLOGICA DE LOS FLUIDOS	29
2.8.1	Generalidades	29
2.8.2	Propiedades reológicas de los alimentos	29
2.8.3	Importancia de la reología en la investigación y en el procesamiento de alimentos	31
2.8.4	Clasificación reológica de los fluidos	33
III	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	MATERIALES	42
3.1.1	Materia prima	42
3.1.2	Insumos	43
3.1.3	Reactivos	44
3.1.4	Materiales de laboratorio	44
3.1-5	Equipos e instrumentos	45
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	45
3.2.1	Recepción de la materia prima	45
3.2.2	Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto terminado	45
3.2.3	Análisis sensorial	46

3.2.4	Elaboración de la bebida baja en calorías con pulpa de durazno y enriquecida con extracto de soya edulcorada con estevia	47
3.3	EVALUACIÓN REOLÓGICA	50
3.4	DISEÑO ESTADISTICO	50
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA	54
4.1.1.	Análisis fisicoquímico de la pulpa de durazno y extracto de soya	54
4.2	ANALISIS DEL PRODUCTO TERMINADO	56
4.2.1	Determinación de solidos solubles (°brix)	56
4.2.2	Determinación del contenido proteínico	57
4.2.3	Determinación del valor energético	59
4.3	EVALUACION REOLOGICA	61
4.4	ANALISIS SENSORIAL	70
4.5	ANALISIS ESTADISTICO	72
4.5.1	Análisis estadístico del contenido proteínico	72
4.5.2	Análisis estadístico del atributo olor	77
4.5.3	Análisis estadístico del atributo color	81
4.5.4	Análisis estadístico del atributo sabor	86
4.5.5	Aceptabilidad	90
V	CONCLUSIONES	95
VI	RECOMENDACIONES	97
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
	ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 El durazno	5
Figura 2.2 La soya	13
Figura 2.3 La estevia	26
Figura 2.4 Clasificación simple del comportamiento reológico	36
Figura 2.5 Viscosidad aparente en fluidos independientes del tiempo	37
Figura 2.6 Reograma de fluidos independientes del tiempo	37
Figura 2.7 Fluidos independientes del tiempo	41
Figura 3.1 Fruto del durazno (<i>Prunus pérsica</i>)	43
Figura 3.2 La soya (<i>Glycine max</i> Merr)	43
Figura 3.3 Diagrama de flujo para elaborar una bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia	51
Figura 4.1 Grados brix de las formulaciones	57
Figura 4.2 Contenido de proteínas según tratamientos	59
Figura 4.3 Valor energético de las bebidas evaluadas	61
Figura 4.4 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 1	64
Figura 4.5 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 2	65
Figura 4.6 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 3	65
Figura 4.7 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 4	66
Figura 4.8 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 5	66
Figura 4.9 Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 6	67

Figura 4.10	Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 7	67
Figura 4.11	Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 8	68
Figura 4.12	Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 9	68
Figura 4.13	Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 10	69
Figura 4.14	Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 11	69
Figura 4.15	Análisis sensorial del olor, color y sabor	71
Figura 4.16	Análisis sensorial de aceptabilidad	72
Figura 4.17	Diagrama de Pareto para el contenido de proteína	74
Figura 4.18	Efectos principales para el contenido de proteína	75
Figura 4.19	Superficie de respuesta estimada para el contenido de proteína	76
Figura 4.20	Contornos de la superficie de respuesta estimada para Contenido de proteína	76
Figura 4.21	Diagrama de Pareto para el atributo olor	78
Figura 4.22	Efectos principales para el atributo olor	80
Figura 4.23	Superficie de respuesta estimada para olor	80
Figura 4.24	Contornos de la superficie de respuesta estimada para olor	81
Figura 4.25	Diagrama de Pareto para el atributo color	83
Figura 4.26	Efectos principales para el atributo color	84
Figura 4.27	Superficie de respuesta estimada para color	85
Figura 4.28	Contornos de la superficie de respuesta estimada para color	85
Figura 4.29	Diagrama de Pareto para el atributo sabor	87
Figura 4.30	Efectos principales para el atributo sabor	88

Figura 4.31	Superficie de respuesta estimada para sabor	89
Figura 4.32	Contornos de la superficie de respuesta estimada para sabor	89
Figura 4.33	Diagrama de Pareto para aceptabilidad	91
Figura 4.34	Efectos principales para Aceptabilidad	93
Figura 4.35	Superficie de respuesta estimada para Aceptabilidad	93
Figura 4.36	Contornos de la superficie de respuesta estimada para Aceptabilidad	94

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Composición química del durazno	7
Tabla 2.2	Composición química del grabo de soya	15
Tabla 2.3	Composición de aminoácidos de soya seleccionados	16
Tabla 3.1	Valores experimentales	52
Tabla 3.2	Tratamientos experimentales	53
Tabla 4.1	Composición fisicoquímica de la pulpa de durazno	54
Tabla 4.2	Composición fisicoquímica del extracto de soya	55
Tabla 4.3	Grados brix de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas	56
Tabla 4.4	Contenido de proteína de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas	58
Tabla 4.5	Valor energético de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas	60
Tabla 4.6	Variables reológicas de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas	62
Tabla 4.7	Escala hedónica	70
Tabla 4.8	Resultados del análisis sensorial de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya	71
Tabla 4.9	Análisis de varianza para contenido de proteína	72
Tabla 4.10	Coefficientes de regresión para contenido de proteína	74
Tabla 4.11	Análisis de varianza para el atributo olor	77
Tabla 4.12	Coefficientes de regresión para el atributo olor	79

Tabla 4.13	Análisis de varianza para el atributo color	82
Tabla 4.14	Coefficientes de regresión para el atributo color	83
Tabla 4.15	Análisis de varianza para el atributo sabor	86
Tabla 4.16	Coefficientes de regresión para el atributo sabor	87
Tabla 4.17	Análisis de varianza para el aceptabilidad	90
Tabla 4.18	Coefficientes de regresión para el aceptabilidad	92

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo 1	INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE BEBIDAS DE FRUTAS EN EL MERCADO	105
Anexo 2	FACTORES ESPECÍFICOS <i>ATWATER</i> PARA ALIMENTOS	106
Anexo 3	FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE BEBIDA BAJA EN CALORIAS DE PULPA DE DURAZNO Y EXTRACTO SOYA	107
Anexo 4	MODELOS REOLÓGICOS PARA ALIMENTOS VISCOSOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO	108

I. INTRODUCCION

Uno de las bases de la buena salud es alimentarse de manera sana y ello se ha ido consolidando en nuestro estilo de vida en los últimos años. Así, se ha tratado de buscar en los alimentos todas aquellas propiedades que les adquieren características beneficiosas cuando se les consume.

Dentro de todas las aplicaciones que se tienen a nivel de alimentos se encuentran las bebidas con proteína de soya, las cuales pueden ser neutras, como las mal llamadas leches de soya que son las de mayor consumo actual, y ligeramente ácidas, que corresponden a mezclas con jugos de fruta; el tipo de proteína de soya a utilizar y la tecnología de procesamiento requerida dependerá de la clase de bebida en donde ésta es incluida considerando que para el consumidor la alimentación sana es un asunto importante, no obstante el aspecto organoléptico también es fundamental.(Achouri *et al.*, 2007).

Es por ello, que los restrictores de consumo identificados a través de diversos estudios para las bebidas con proteína de soya (bebidas de soya o enriquecidas con proteína de soya), como son el sabor residual y la arenosidad, se convierten en el tema actual de las investigaciones, las cuales buscan disminuir o eliminar su efecto a través de tecnologías de extracción de la misma proteína y metodologías de inclusión de diversos ingredientes como hidrocoloides, carbohidratos y saborizantes. (Potter *et al*, 2007).

La mezcla de soya con jugos de fruta es una nueva generación de productos de soya que se considera conveniente para aumentar el consumo diario de proteína de soya, esta clase de productos encuentra una gran aceptación por parte del consumidor, lo cual está generando un cambio en el desarrollo de productos que contienen soya. (Martínez *et al*, 2007)

El durazno (*Prunus pérsica*) es una fruta que tiene cualidades nutricionales muy importantes, la presencia de antioxidantes, vitaminas, ácidos orgánicos y vitamina C hacen de esta fruta una alternativa de potenciar su uso en bebidas con bajas calorías y coadyuvadas con extractos proteicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros óptimos en la obtención de una bebida baja en calorías a base de durazno (*Prunus pérsica*) y extracto de soya (*Glycine max Merr*) edulcorada con estevia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas del durazno y el extracto de soya.
- Evaluar de la calidad fisicoquímica y sensorial de la bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia.
- Evaluar el comportamiento reológico de la bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia.
- Determinar el nivel de aceptabilidad de la bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL DURAZNO (*Prunus persica*)

2.1.1 Aspectos generales

El melocotón (*Prunus persica*) es el fruto del melocotonero, árbol de la familia de las Rosáceas. Esta familia incluye más de 2.000 especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles distribuidos por regiones templadas de todo el mundo. Existen cientos de variedades, cada una de ellas con características, periodo de maduración y aplicaciones propias. Belitz, H.D (1997).

El fruto pesa alrededor de 90 gramos, es de forma redonda con punta y sutura visibles y madura de manera homogénea. Presenta mucha firmeza, característica principal de las variedades para la industria, tal que en condiciones de temperatura ambiente tiene una vida de anaquel de 8 a 12 días.

Presenta una coloración externa totalmente amarilla en la madurez; la pulpa posee alto contenido de azúcares con un sabor dulce o ligeramente agri dulce y tiene el hueso pegado.

El durazno es un cultivo que requiere durante el invierno días fríos para promover el cambio de follaje e inducir la floración (horas frío) y durante el verano días largos, cálidos y lluviosos que propicien el desarrollo de duraznos con color, tamaño y consistencia de excelente calidad.

(<http://campomexiquense.gob.mex/durazno>)

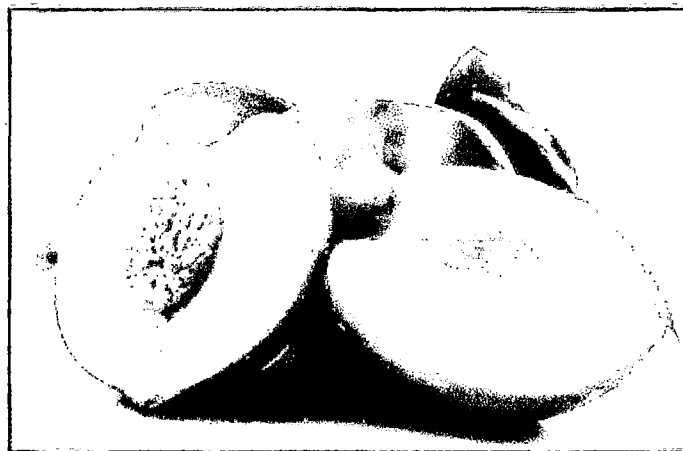


Figura 2.1: El durazno

2.1.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del durazno es de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	:	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase	:	<i>Dicotyledoneae</i>
Familia	:	<i>rosaceae</i>
Género	:	<i>prunus</i>
Especie	:	<i>Prunus persica</i>

http://es.wikipedia.org/wiki/Prunus_persica

2.1.3 Características

Según Calzada (1980), algunas de las características que resaltan en el durazno son la forma, tamaño, color y el sabor.

- **Forma:** el durazno es una drupa de forma redondeada de gran tamaño. Todos ellos, albergan un hueso en su interior que guarda la semilla y que en algunas variedades está muy adherido a la pulpa y en otras se separa con facilidad.
- **Tamaño:** el calibre varía según la variedad, desde los 55-65 milímetros hasta los 75-85 mm.
- **Color:** la piel del durazno es lisa y aterciopelada. El color es rosa pálido o amarillo anaranjado, según la variedad. La pulpa es carnosa, dulce y jugosa, unas veces blanca, compacta y muy dulce y en otras variedades, roja o anaranjada, blanda y menos dulce.
- **Sabor:** el durazno o melocotón, según la variedad, pasan por una extensa gama de dulces y es ligeramente acidulado.

2.1.4 Composición fisicoquímica

En la tabla 2.1 se muestra la composición química del durazno.

Tabla 2.1: Composición química del durazno

COMPONENTE	CANTIDAD
Humedad (g)	81,7
Proteína (g)	0,6
Grasa (g)	0,1
Fibra (g)	0,3
Ceniza (g)	0,5
Carbohidratos (g)	17,1
Calcio (mg)	4
Hierro (mg)	0,3
Niacina (vitamina B ₅) (mg)	0,90
Riboflavina (mg)	0,04
Vitamina C (mg)	15,3

Fuente: Collazos (1996).

2.1.5 Variedades

Hay dos grupos principales de variedades:

A.- Freestone: como su nombre lo indica la pulpa se desprende fácilmente del hueso.

Las variedades más famosas de Freestone son Alberta, Hale, Red haven, Jubik, princesa dorada, Springcrest.

B.- Clingstone: una variedad más dura, la pulpa no se desprende fácilmente de hueso. Hay un gran número de variedades en diferentes periodos, empezando a principios de verano hasta el otoño (finales de octubre).

Las variedades más conocidas de Clingstone son Fortuna, Puloro, Johnson, Harbelle, Belleza Garnel. En general, hay miles de variedades de duraznos. (Collazos, 1998).

2.1.6 Valor nutricional y propiedades

Según Calzada (1980), el durazno tiene las siguientes propiedades y valor nutricional:

El melocotón es una fruta ideal para todo tipo de personas ya que sus aportes de nutrientes son absolutamente moderados. Aporta en baja cantidad azúcares, por lo que su valor calórico le hace apto para ser consumido en dietas de control de peso y para personas con diabetes, teniendo en cuenta la ración de consumo.

Su contenido de fibra le confiere propiedades laxantes. La fibra previene o mejora el estreñimiento, contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre y al buen control de la glucemia (niveles de azúcar en sangre) en las personas que tienen diabetes. Ejerce un efecto saciante, lo que beneficia a las personas que llevan a cabo una dieta para perder peso.

Así mismo, por su elevado contenido en potasio y bajo en sodio, resultan muy recomendables para aquellas personas que sufren hipertensión arterial o afecciones de vasos sanguíneos y corazón. No obstante, su consumo deberá tenerlo en cuenta las personas que padecen de insuficiencia renal y que requieren de dietas especiales controladas en este mineral. Sin embargo, a quienes toman diuréticos que eliminan potasio y a las personas con bulimia; debido a los episodios de vómitos autoinducidos que provocan grandes pérdidas de este mineral, les conviene el consumo de estas frutas.

Como el resto de frutas de coloración amarilla o anaranjada, el melocotón contiene beta-caroteno, es decir provitamina A, de acción antioxidante, que contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y de cáncer. Así mismo, diversas sustancias, además del beta-caroteno, del melocotón se utilizan para tratar las afecciones de la piel. Al contrario de lo que pueda parecer debido a su sabor dulce, el melocotón no es de las frutas que más hidratos de carbono y energía aportan. Destaca su riqueza de fibra, que mejora el tránsito intestinal. Entre su composición mineral sobresale el potasio, y en cantidades discretas, el magnesio y el yodo.

El abanico de vitaminas hidrosolubles que contiene es amplio, sin destacar tampoco en este caso ninguna vitamina en concreto. La cantidad de carotenos si que es más alta que la de otras frutas, lo que le confiere parte de sus propiedades dieto terapéuticas. La nectarina contiene más cantidad de carbohidratos que el melocotón y aporta un valor energético mayor. También posee más cantidad de carotenoides, vitamina C y potasio. La provitamina A o beta caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita. Dicha vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico y tiene acción antioxidante. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

Saludables, ante todo, es muy rico en hierro por lo que se recomienda su ingesta en estados anémicos e inapetentes. Contiene además de

provitamina A y otras de tipo C, B1, B2 y B3, potasio y fósforo. Su jugo tiene propiedades diuréticas, siendo adecuado para activar la función renal. Es muy rico en hidratos de carbono, pero escaso en proteínas y lípidos. El valor en calcio de los melocotones desecados es bastante alto.

El consumo como fruta fresca de mesa representa aproximadamente el 70 % del volumen total. El 20% se comercializa en forma procesada, a través de mermeladas, néctares, conservas enlatadas, orejones, chamois y otros. Parte de la industria está dedicada a la elaboración de cosméticos como shampoo, jabón, esmalte, etc. También es empleado directamente en la alimentación o para la fabricación de mermeladas y jaleas, néctar, en almíbar, alcoholes, vinos y colorantes. (Gaetano *et al.*, 1993)

2.1.7 Recolección y madurez

Gratacós (s.f.) indica que, la cosecha de los frutos es la fase final del ciclo productivo y las condiciones en las que se realiza son determinantes de las características cualitativas, comerciales y de las posibilidades de conservación que tengan los distintos frutos. La cosecha del duraznero es 100% manual y consiste en recoger los frutos desde el árbol, con la ayuda de escaleras ó pisos para los frutos que estén a mayor altura. Hoy en día se realizan solo 2 pasadas en la cosecha, a diferencia de antes, en donde se realizaban 3- 4 pasadas. Desde la bolsa cosechera, los frutos son puestos generalmente en bins rellenos con esponjas, los cuales son transportados por carros hacia la zona de embalaje, o hasta la zona de almacenamiento que debe estar a la sombra. La cosecha debe ser muy cuidadosa debido a

que el durazno es muy sensible a la fricción, que produce un daño visible como mancha de color pardo, a la compresión y al golpe (machucones) para una mejor condición de la fruta se debe forrar interiormente los cajones con plástico (con burbujas de aire) y es conveniente inmovilizar la fruta mediante una cubierta de madera que se pone encima, por dentro del cajón. Los duraznos pueden proseguir con su proceso de maduración en el árbol hasta el punto de ser comestibles, experimentando una respiración más acelerada, el climaterio, pero el proceso ocurre más propiamente después de la cosecha de fruta firme.

Según Rigau (1988), la recolección de los duraznos exige mucha atención, no solo por la fragilidad natural de los frutos, sí que también por la razón de que un durazno no puede alcanzar el máximo de sus cualidades más que si ha sido cogido prácticamente maduro. Los duraznos se recogen cuando empieza a aclararse el fondo verde de la piel; cuando el color y el perfume son más acentuados; cuando la epidermis pierde su rigidez. Los duraznos destinados para a la exportación deben ser recogidos antes de que alcancen su madurez absoluta. Los duraznos adherentes se prestan mejor que los otros al transporte para los países lejanos y nunca adquieren con un sabor tan desagradable como cuando se recogen sin madurar y luego se dejan algunos días sobre una amplia mesa, como ocurre con las manzanas.

Tamaro, (1974), señala que para favorecer el color brillante de los duraznos se puede hacer un aclarado de hojas cortándolas por el pecíolo. Este deshojado no se debe hacer, sin embargo hasta que empecé el periodo de maduración. Se opera gradualmente, de modo que se conserven siempre

por lo menos tres hojas sobre el fruto, cortando con preferencia las que den sombra a este.

2.2 LA SOYA (*Glycine max Merr*)

2.2.1 Generalidades

El frijol de soya es una leguminosa al igual que el chícharo, el frijol, la lenteja y el garbanzo. A diferencia de otras leguminosas (o cualquier tipo de vegetal), el frijol de soya “fija” su propio nitrógeno, lo que le permite producir los nueve aminoácidos esenciales con un papel clave para la vida humana (fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina e histidina). El frijol de soya también contiene los dos ácidos grasos esenciales: ácido linoleico y ácido linolénico. Estas dos cualidades, la cantidad/calidad de proteína (proteína “completa”) y la grasa, son las que lo hacen uno de los más benéficos y singulares cultivos de la naturaleza; y verdaderamente notable en el reino vegetal (Tolstoguzov, 2008).

La planta madura mide unas 18 pulgadas (46 cm) de alto y presenta vainas ligeramente afelpadas de 3 a 4 pulgadas (7.5 a 10 cm), cada una de ellas alberga de dos a cinco frijoles de soya. Tienen algo de parecido con las vainas de chícharo dulce, sólo que son más largas, más llenas y más ásperas en su textura.

La composición del grano de soya depende de las condiciones bajo las cuales fue cultivado (Zarkadas *et al.*, 2007).



Figura 2.2: La soya

2.2.2 Taxonomía

Según <http://www.utm.edu.ec/soya>, la clasificación taxonómica del grano de soya es como sigue:

Reino : plantae
División : magnoliophyta
Clase : magnoliopsida
Orden : fabales
Familia : fabaceae
Género : *glycine*
Especie : *max Merr*

2.2.3 Composición del grano de soya

El frijol de soya contiene aproximadamente 32% de proteína, lo que representa un porcentaje elevado para las plantas (comparativamente, el

trigo no tiene más de 15% de proteína). Adicionalmente, toda esa proteína es proteína completa, lo que significa que contiene todos los aminoácidos en las proporciones correctas, necesarios para sostener la vida humana. Las proteínas completas se encuentran con mayor frecuencia en las fuentes cárnicas, las que también contienen colesterol. Por dicha razón y debido a que el frijol de soya es una proteína sin colesterol, la soya representa una alternativa sólida para la carne desde el punto de vista de la nutrición, y una fuente de proteína ideal para los vegetarianos. (Tolstoguzov, 2008).

En la Tabla 2.2 se presenta una descripción generalizada de la composición del grano de soya.

Además de la cantidad y calidad de su proteína, el frijol de soya también es una excelente fuente de grasa. Contiene aproximadamente 18% de aceite; se trata del tipo de aceite que tiene un efecto positivo en la salud y el bienestar. El aceite de soya no tiene colesterol, es muy bajo en grasa saturada y alto en grasas mono y poliinsaturadas. Además, el aceite de soya contiene cantidades importantes de ambos ácidos grasos esenciales: ácido linoleico y ácido linolénico.

El aceite de soya también contiene lecitina, el emulsificante utilizado en la fabricación de alimentos. El resto del frijol de soya es humedad (14%) y carbohidratos (30%). Se considera al frijol de soya una excelente fuente de fibra dietética, ya que la mitad de sus carbohidratos totales (el 15% de su composición total) es fibra dietética. El resto son carbohidratos solubles.

Tabla 2.2: Composición química del grano de soya

COMPONENTE	COMPOSICIÓN EN 100 g
Agua	11.7
Proteína (g)	28.2
Grasa total (g)	18.9
Carbohidratos totales	35.7
Fibra cruda (g)	4.6
Cenizas (g)	5.5
Calcio (mg)	314
Fosforo (mg)	759
Hierro (mg)	8.30
Ácido ascórbico (mg)	6.00
Zinc (mg)	4.89
Tiamina (mg)	0.73
Niacina (mg)	2.6

Fuente: Collazos et al., (1996)

La proteína de soya tiene ocho aminoácidos esenciales los cuales son descritos en la tabla 2.2.

Tabla 2.3: Composición de aminoácidos de soya seleccionados (mg/100g de proteína).

Aminoácido	Grano entero de Soya	Harina de Soya	Concentrado de Soya	Aislado de Soya	Bebida de Soya
Isoleucina	35	46	48	49	46
Leucina	79	78	79	82	79
Lisina	62	64	64	64	60
Metionina y Cisteína	21	26	28	26	16
Fenilalanina y Tirosina	87	88	89	92	80
Treonina	41	39	45	38	40
Triptófano	n/a	14	16	14	n/a
Valina	37	46	50	50	48

Fuente: Tolstoguzov (2008).

2.2.4 Funcionalidad de la proteína de soya

La funcionalidad de una proteína depende de la estructura de la molécula, en el caso de la soya, esta tiene presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos los cuales facilitan su asociación con grasa y aceite, sus propiedades pueden variar según el método de obtención; sin embargo, en general la proteína de soya se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporciona a los sistemas alimenticios características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Singh *et al*, 2008).

Esta macromolécula tiene una compacta estructura terciaria y presenta estructura cuaternaria; además, tiene una gran actividad interfacial, la cual le permite tener una gran capacidad emulsificante y espumante (Rodríguez et al, 2005; Martin et al, 2002).

Se ha demostrado su capacidad gelificante y su estabilidad térmica, el grado de exhibición de estas propiedades depende de su concentración en el sistema donde es utilizada (Roesch y Corredig, 2002).

Las proteínas tienen interacciones con los polisacáridos, las cuales generalmente se dan en tres partes:

- Formación de enlaces covalentes entre dos polímeros
- Interacciones electrostáticas polianión-polication.
- Formación de un gel dúo compuesto por mutual exclusión de cada componente (Doublier et al, 2000)

Es por esto, que las propiedades gelificantes y otras propiedades funcionales de las proteínas de soja, son modificadas en la presencia de hidrocoloides los cuales también afectan sus propiedades interfaciales (Tolstoguzov, 1997).

2.2.5 Obtención de proteína de soja

El extracto de soja fue obtenido en base a los procedimientos descritos por Mazza (1998) y Liu (1999), que básicamente consiste en las operaciones de selección, lavado, inmersión en agua caliente durante 2 horas, moldeado, en caliente en una licuadora y la separación del residuo por

filtración. La proporción de la soja: el agua se calculó para obtener el extracto con aproximadamente 3% de proteína (w/w).

2.3 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE BEBIDAS CON SOYA

Childs et al., (2007) realizaron una evaluación de bebidas con proteína de soja y mezclas de soja y suero lácteo en 13 bebidas representativas del mercado norteamericano, encontrando que todas presentaban aroma dulce y sabor vainilla, pero este perfil se sentía más en bebidas que contenían suero; sin embargo, en bebidas con suero sobresalía más que en las demás, el sabor metálico y regusto amargo; en cuanto a la textura, las bebidas con soja tenían la más alta viscosidad y mayor sensación de arenosidad; en general el contenido de proteína por porción no afectó el sabor y textura de las bebidas. Es común en la evaluación sensorial de bebidas con proteínas de soja el uso de escala hedónica de 9 puntos por atributo (Deshpande et al, 2007; Childs et al, 2007).

Para la definición de los rangos de esta escala, se usan descriptores de referencia (Russell et al, 2006).

N'Kouka et al (2004), desarrollaron un vocabulario para describir las características sensoriales de una bebida a base de soja con composición bromatológica similar a leche entera en polvo; encontrando 31 términos diferentes para describirla, este léxico generado puede ser usado para evaluar calidad en mejoras tecnológicas que se realicen cuando se están disminuyendo o eliminando los restrictores de consumo.

2.4 VIDA ÚTIL EN BEBIDAS CON PROTEÍNA DE SOYA

Dadas sus propiedades, las bebidas con soya se convierten en un excelente vehículo para la incorporación de vitaminas, minerales y nutracéuticos para lo cual es muy importante conocer su comportamiento durante el almacenamiento (Achouri et al, 2007).

Dentro de la evaluación de propiedades fisicoquímicas se encuentran el pH, color y textura; el comportamiento encontrado para el pH depende de la composición del producto; por ejemplo, para bebida ácida de proteína de soya y con fruta (Blueberry) el pH no cambia significativamente durante el almacenamiento, mientras que para la bebida de soya saborizada, el pH se incrementa significativamente durante las primeras tres semanas, para decrecer posteriormente de manera significativa (0,6 – 0,7 unidades), a continuación el pH comienza a incrementarse de nuevo hasta la semana seis, desde donde se mantiene estable por el resto de tiempo de almacenamiento (Potter et al, 2007).

La explicación a este fenómeno es a causa de los procesos de lipólisis y proteólisis que ocurren durante las primeras semanas (Achouri et al, 2007).

En cuanto al color y la viscosidad, estos cambian en dependencia de la temperatura de almacenamiento, si se mantiene en condiciones de refrigeración no se notan cambios significativos, pero si se almacena a temperatura alta como 38 °C se presenta oscurecimiento debido a las reacciones de Maillard y un incremento inicial de la viscosidad hasta la semana cuarta, luego comienza un descenso hasta la octava, a partir de la

cual se estabiliza; la desnaturalización de proteína por calentamiento, podría incrementar el área superficial y exponer más sitios donde se generen interacciones hidrofóbicas con otros componentes de la bebida, resultando en un aumento de viscosidad; sin embargo, con el tiempo la sedimentación de partículas puede ocurrir manifestándose como una disminución de la viscosidad (Achouri et al, 2007).

En cuanto a las características sensoriales, se presenta una disminución en los componentes volátiles durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración (Achouri *et al*, 2007; Suratman *et al*, 2004).

Cuando los productos son almacenados a 38 °C, generalmente tienen altos componentes volátiles, los cuales se mantienen relativamente altos después de 12 semanas de almacenamiento. Esta situación es explicada por efectos de la reacción de Maillard que genera compuestos como aldehídos, alcoholes, furanos, los cuales podrían ser los responsables, en un alto porcentaje, de este comportamiento (Achouri et al., 2007).

Wang et al., (2001) indican que con los hidrocoloides y los saborizantes se logran mejorar atributos deseables y disminuir los indeseables; la incorporación de goma ayuda a enmascarar parcialmente el sabor característico de soya (beany) y el uso de carragenina iota en 0.05% garantiza estabilidad reológica.

2.5 PRODUCTOS DIETÉTICOS

Un producto dietético es aquel en el cual uno de sus ingredientes principales ha sido reemplazado por otro que le otorga características funcionales dentro del organismo.

Un alimento dietético es aquel que se diferencia por su composición y/o por sus modificaciones físicas, químicas o biológicas que resultan del proceso de fabricación o de la adición, eliminación o sustitución de determinados componentes. (Meyer y Paltrinieri, 1981).

Los alimentos dietéticos se clasifican en:

- A.** Los destinados a satisfacer necesidades alimentarias específicas de grupos de personas sanas. Este grupo incluye los productos para lactantes y niños de corta edad, los alimentos fortificados, los que proporcionan (por adición) nutrientes esenciales, y aquellos en los que se han restaurado nutrientes perdidos en el proceso de elaboración.
- B.** Los destinados a satisfacer necesidades alimentarias de personas que presentan estados fisiológicos particulares.
- C.** Los alimentos enriquecidos.
- D.** Los suplementos dietarios.

Entre los productos dietéticos se distinguen varias categorías, entre las que destacan las siguientes: los preparados para lactantes, alimentos infantiles de control de peso, otros destinados a usos médicos especiales, los orientados hacia el control de peso de la población adulta, los destinados a deportistas y los adecuados para personas diabéticas. La partida más importante es la compuesta por alimentos dirigidos al control de peso y dentro de ella se encuentran los productos sustitutivos, formados por las dietas hipocalóricas y los complementos. Las primeras sustituyen a una comida dentro de la dieta diaria, mientras

que los segundos son alimentos especiales para aquellas personas que siguen una dieta o necesitan algún tipo de suplemento nutricional (Meyer y Paltrinieri, 1981).

2.6 BEBIDAS DIETÉTICAS

Las bebidas dietéticas están ocupando un gran campo dentro del consumo diario de las personas debido a que la mayor parte de la población mundial tienen la tendencia a mantener un peso adecuado para así mantener un buen estado de salud por lo que buscan consumir productos que satisfagan su necesidad y ayuden a mantener la salud del que lo consume, es por eso que las bebidas dietéticas están teniendo gran aceptación.

Consumir bebidas dietéticas se ha convertido en uno de los hábitos más comunes en los últimos años, estos productos están siendo aprovechados por las principales marcas comerciales, tanto en bebidas gasificadas y las hechas con pulpa de frutas, a nivel nacional e internacional.

Estas bebidas tiene como principal finalidad satisfacer total o parcialmente las necesidades alimenticias de personas cuya capacidad para ingerir, digerir, absorber, metabolizar o excretar alimentos normales o determinados nutrientes sea limitada, o deficiente, o esté alterada, cuyo tratamiento dietético no pueda efectuarse únicamente modificando la dieta normal, con otros alimentos destinados a una alimentación especial, o mediante ambas cosas.

2.6.1 Los edulcorantes

Los edulcorantes son aditivos alimentarios que confieren sabor dulce a los alimentos. Por este motivo, no se consideran edulcorantes los alimentos como la miel, ni los ingredientes como el azúcar común, la fructosa, la glucosa, etc.; ya que tienen otras funciones en los alimentos, además de la de edulcoración.

Los edulcorantes bajos en calorías, tratan de imitar el sabor dulce del azúcar (sacarosa), pero con la ventaja de aportar una mínima o nula cantidad de calorías. Además, presentan muchos beneficios psicológicos y fisiológicos. Los profesionales de la salud y los consumidores creen que ofrecen ventajas en el mantenimiento del peso, disminución del mismo, tratamiento de la diabetes, reducción de caries dentales y reducción del riesgo de padecer de obesidad.

Pueden ser naturales o sintéticos. Se clasifican en función de su contenido energético en calóricos y acalóricos. A menudo cuando nos planteamos dejar endulzantes o edulcorantes como el azúcar refinado o edulcorantes artificiales como la sacarina, aspartame, ciclamatos, etc.; no sabemos qué edulcorantes naturales existen o cual escoger. A continuación citaremos los endulzantes o edulcorantes naturales más consumidos o más conocidos por la mayoría de personas:

Azúcar integral: a partir de la melaza o miel de caña y tras un proceso natural se obtiene el azúcar de caña. Según la variedad de la caña obtendremos otra variedad de azúcar integral denominado Panela, Mascobado o Rapadura.

Concentrado o sirope de manzana: en los países más nórdicos es muy típico este edulcorante o endulzante natural que se obtiene cocinando a fuego lento el zumo de manzana. Aporta un sabor suave y muchos de los nutrientes de la manzana.

Fructosa: se utiliza principalmente en alimentos “tolerados” para diabéticos. Se obtiene de las frutas y en pequeñas cantidades pueden tomarla los diabéticos. Su sabor, color y textura es muy parecido al azúcar blanco o refinado.

La miel: es uno de los edulcorantes o endulzantes naturales más antiguos ya que no necesita ninguna elaboración. Además de su sabor ha sido utilizado por sus propiedades medicinales (cicatrizante, expectorante, etc.). Muy apreciada para endulzar las infusiones de plantas medicinales.

Sirope de agave: es uno de los endulzantes o edulcorantes naturales que se obtiene de un cactus y que ya venía siendo utilizado por incas y aztecas. Tiende a regular los niveles de glucosa.

Estevia: es una planta originaria del Amazonas. La estevia no tiene calorías y tiene efectos beneficiosos en la absorción de la grasa y la presión arterial. Contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales (Wong, 1995).

2.7 LA ESTEVIA

2.7.1 Generalidades

La estevia es un arbusto dioico (órganos sexuales masculinos en distinto pie que los femeninos) que puede alcanzar 90 cm de altura. Sus hojas, de color verde brillante, son elípticas y dentadas, de tamaño variable, entre 3 y 5 cm de largo y de 1.5 a 2 cm de ancho. Sus tallos son vellosos y rectos.

La flor de la estevia es pequeña, tubular y de color blanco, y no posee ningún perfume concreto. En sus países de origen puede llegar a producir frutos fértiles, aunque la mejor forma de reproducción en esta planta es a través de los esquejes.

Este pequeño arbusto tiene importantes propiedades medicinales, por lo que los indígenas guaraníes y del Mato Grosso lo cultivan desde tiempos inmemoriales; lo denominaron Ka'aHe'ë, que significa «planta dulce», y es que la estevia es, por su dulzor, un excelente sustituto del azúcar, gracias a sus hojas, que contienen una sustancia 15 veces más dulce que el azúcar de mesa o refinada. Además, el edulcorante natural de la estevia no aporta calorías al organismo, por lo que no engorda, a diferencia del azúcar. Esto hace que la estevia resulte ideal para ayudar a perder peso, ya que reduce la sensación de hambre, el deseo de comer dulces y facilita la absorción de las grasas. La estevia también es ideal para los diabéticos, puesto que regula los niveles de glucosa en la sangre. (Midmore y Rank, 2007)



Figura 2.3: La estevia

2.7.2 Propiedades de la estevia

Los principales componentes de las hojas de estevia son: triterpenos, monoterpenos, esteroides, taninos, flavonoides, diterpenoslabdámicos, sesquiterpenos y aceites volátiles.

La medicina popular la ha empleado como digestivo, cardiotónico, antiácido, diurético, hipoglicemiante, etc. La estevia ayuda a regular la presión arterial y facilita la absorción de las grasas, razón por la que es perfecta para perder peso. La estevia también ayuda a reducir la fatiga y la ansiedad, e influye de manera positiva en las dolencias del hígado, el páncreas y el bazo. Es un excelente antiséptico bucal y antiinflamatorio, con un efecto similar a otros antisépticos químicos como la clorhexidina. Estimula el sistema inmunitario inhibiendo la reproducción de los virus. Su consumo habitual ayuda a fortalecer el sistema vascular y a fomentar el correcto funcionamiento del corazón. La estevia también es un buen desinfectante para pequeñas quemaduras,

erupciones, heridas, dermatitis o seborrea (trastorno de las glándulas sebáceas que consiste en una hipersecreción de grasa que afecta al cuero cabelludo, a la cara y al torso). Además, la estevia contiene proteínas, fibra, hierro, fósforo, calcio, potasio, zinc, rutina y vitaminas A y C. (Brandle *et al.*, 2002)

2.7.3 El esteviosido

La propiedad más importante de la stevia se encuentra en sus hojas. Se trata del edulcorante natural llamado esteviósido, que está constituido por una mezcla de ocho glucósidos diterpénicos (principalmente el esteviósido y el rebaudiósido, entre otros).

En 1931, los investigadores franceses Bridel y Lavielle cristalizaron el principio edulcorante y llegaron a la conclusión de que el esteviósido, en su estado más puro, es 300 veces más dulce que la sacarosa y no posee efectos tóxicos para la salud. Demostraron que el esteviósido ($C_{38}H_{60}O_{18}$) es el edulcorante más dulce que existe en la naturaleza. Luego en la década de 1970, investigadores japoneses de la Universidad de Hiroshima y Hokkaido descubrieron más propiedades de las hojas de la stevia, como los edulcorantes rebaudiósidos A, B, C, D y E. El primero (tipo A) es el que tiene un sabor más intenso, unas 400 veces más dulce que el azúcar. Las propiedades del esteviósido son sumamente positivas para el organismo y para la elaboración de alimentos. (Midmore y Rank, 2007)

2.7.4 Propiedades del esteviósido

Poder endulzante extraordinario: es su característica más importante, ya que resulta incluso 300 veces más dulce que la sacarosa, es decir, 300 g de sacarosa equivalen a 1 gramo de esteviósido.

No aporta calorías: el organismo no lo metaboliza, por tanto, no engorda.

Alta solubilidad en agua y en soluciones hidroalcohólicas.

No fermentable, ni vulnerable a ataques de las bacterias orales.

Tolerancia al calor: su fuerte estructura no resulta modificada cuando se expone a altas temperaturas, por tanto, su poder edulcorante no disminuye. Por este motivo es ideal para alimentos calientes u horneados. Se funde a 238 °C.

Color persistente: aun en las condiciones más exigentes en el procesado de alimentos, su color no se altera ni se oscurece.

Resistente al pH: el esteviósido se mantiene estable en un amplio rango de pH (de 3 a 9), aunque se encuentre a 100 °C. Cuando el pH supera el grado 9, la sensación de dulzor se pierde rápidamente.

El esteviósido puede obtenerse a partir de dos procedimientos distintos:

- Por difusión: después de hervir las hojas de estevia se obtiene un líquido oscuro y denso. Con este líquido se puede potenciar el sabor de los alimentos.
- Por maceración: conseguimos el líquido a través del macerado de las hojas en agua destilada.

El sabor del esteviósido es semejante a la sacarosa, pero su duración y

persistencia es ligeramente inferior a la sacarosa, y muy superior respecto a los demás edulcorantes.

El esteviósido tiene, además, un sabor secundario parecido al regaliz o al mentol, que se presenta en altas concentraciones, y que es muy evidente en el extracto natural; se puede reducir mezclándolo con sacarosa y glucosa, o con fructosa, sorbitol y malitol. (Jarma, 2008)

2.8. EVALUACIÓN REOLÓGICA DE LOS FLUIDOS

2.8.1 Generalidades

La Reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Su estudio es esencial en muchas industrias, incluyendo las de plásticos, pinturas, alimentación, tintas de impresión, detergentes o aceites lubricantes.

Un concepto formal del término reología sería: "Parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia. (Ramírez, 2006).

La Reología, es decir, «la ciencia del flujo y la deformación», estudia las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, sustancias asfálticas, materiales cristalinos y otros. Su objetivo está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas, desarrollando posteriormente un modelo matemático que permita obtener las propiedades reológicas del material. Ejemplos cotidianos de interés para la reología se encuentran la mayonesa, yogurt, pinturas, asfalto, sangre y muchos más. (Ramírez, 2006)

2.8.2 Propiedades reológicas de los alimentos

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que ingiere el hombre; los adultos consumen más productos líquidos y pastosos que alimentos sólidos por la facilidad de ingestión y digestión; en los niños y recién nacidos la importancia de los alimentos fluidos y particularmente líquidos es fundamental.

Cuando un alimento se procesa, el mismo está sujeto a un movimiento constante; en la práctica es muy difícil pensar en un producto que no requiera movilización.

Se atribuye el uso de la palabra Reología al Profesor Crawford, quien la utilizó para definir a la ciencia del flujo. En el momento actual se acepta que la Reología es la ciencia dedicada al estudio de la deformación y el flujo; su desarrollo, en especial durante los últimos años, es notorio. Merece destacarse el trabajo del Profesor Prentice, relacionado con la reología de productos alimentarios y su medida.

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos. Son básicas en la ingeniería de procesos para el diseño de plantas, en el cálculo de requerimientos de bombeo; para establecer las dimensiones de tuberías y válvulas; para realizar mezclas; además, se utilizan en el cálculo de operaciones básicas con transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento. También se aprovechan para control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios durante la manufactura, y de los productos finales después de la producción. Sirven para evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de correlaciones entre las medidas reológicas y

pruebas sensoriales. Permiten elucidar la estructura o composición de alimentos y analizar los cambios estructurales que ocurren durante un proceso.

Se definen a los fluidos como las sustancias que fluyen sin desintegrarse cuando se aplica una presión, lo cual incluye a gases, líquidos y ciertos sólidos. En especial, para el caso de los líquidos se requieren diferentes esfuerzos de cizalla, para permitir que las moléculas de una capa pasen a otra a cierta velocidad. La relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación en cizalla, caracteriza el comportamiento reológico de un fluido.

En los fluidos llamados newtonianos, el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional a la velocidad de deformación en cizalla o, abreviadamente, velocidad de cizalla y la constante de proporcionalidad corresponde a la viscosidad. Muchos fluidos alimentarios se desvían de este comportamiento; pertenecen al grupo de los fluidos no-newtonianos, en los cuales el término índice de consistencia es equivalente a una viscosidad no-newtoniana. Pero para definir el flujo se requiere de otros términos: el índice de comportamiento al flujo y, en ciertos casos, el esfuerzo de fluencia (tensión mínima de deformación o umbral de fluencia). (Alvarado, 1996)

2.8.3 Importancia de la reología en la investigación y en el procesamiento de alimentos.

La reología es una rama de la Física que puede definirse, en términos simples, como la ciencia de la deformación de la materia, que involucra

procedimientos de evaluación que utilizan métodos físicos donde el valor apreciado no depende del individuo que efectúa la medición, que se realiza instrumentalmente, estos métodos suelen ser considerados como “objetivos” (Müller, 1998).

Existen varios campos en los que se observa la importante participación del conocimiento reológico. (Ibarz y Barbosa, 1999):

- Cálculos en Ingeniería de procesos en donde se involucren diversos equipos. P. ej.: Bombas, extrusores, mezcladores, homogenizadores, intercambiadores de calor, tuberías, etc.
- Formulación para el desarrollo de productos.
- Control de calidad en productos intermedios y finales: este control se realiza en la propia línea de producción. Es determinante para la aceptación de productos como patatas fritas, cereales, quesos, aperitivos, yogures, dulces, chocolates, cremas, etc.
- Estudio de vida en anaquel.
- Evaluación de la textura del alimento mediante la correlación con datos sensoriales.
- Estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios: dichas propiedades son muy importantes a la hora de que un producto sea del agrado del consumidor.

Cabe destacar, además, que el estudio del comportamiento reológico de los cuerpos contribuye al conocimiento de su estructura; por ejemplo, existe cierta relación entre el tamaño y forma molecular de las sustancias en

disolución y su viscosidad, así como entre el grado de entrecruzamiento de los polímeros y su elasticidad (Müller, 1998).

2.8.4 Clasificación reológicas de los fluidos

Se define un fluido como una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar cuan pequeño sea ese esfuerzo (Streeter, 1996).

De todas las propiedades de los fluidos, la viscosidad requiere la mayor consideración en el estudio de flujo de fluidos. La viscosidad es aquella propiedad de un fluido por virtud de la cual ofrece resistencia al corte (Streeter, 1996).

El esfuerzo cortante es el componente de fuerza aplicada tangencial al plano sobre el cual actúa la fuerza. Se expresa en unidades de fuerza por unidad de área. Es un vector que posee magnitud y dirección.

La relación de deformación es el gradiente de velocidad establecido en un fluido como resultado de un esfuerzo de corte aplicado. Se expresa en unidades de segundo recíproco (s^{-1})

Para visualizar la clasificación del comportamiento reológico de los fluidos, frecuentemente se utilizan los llamados reogramas, éstos son gráficos de esfuerzo cortante versus relación de deformación.

La capacidad para conceptualizar diferentes tipos de comportamientos reológicos es muy importante en el desarrollo y mejoramiento de muchos productos alimenticios. Un esquema de clasificación simple del comportamiento reológico de los fluidos se presenta en la figura 6. La clasificación de fluidos presentada en esta figura no implica necesariamente que cada uno de los comportamientos presentados sea mutuamente excluyente. Si se considera, por ejemplo, el comportamiento elástico que presentan las masas, sobresale el hecho de que este material puede ser pseudoplástico y dependiente del tiempo simultáneamente. Existen múltiples factores que pueden influir en el comportamiento reológico de alimentos, el envejecimiento es uno de ellos. Si se evalúa el ketchup de tomate inmediatamente después de su fabricación, éste se comporta como un fluido independiente del tiempo y pseudoplástico, pero con el paso del tiempo el material forma una estructura de gel débil lo que implica que al momento de ser usado por el consumidor exhibe comportamiento tixotrópico. (Ibarz y Barbosa, 1999).

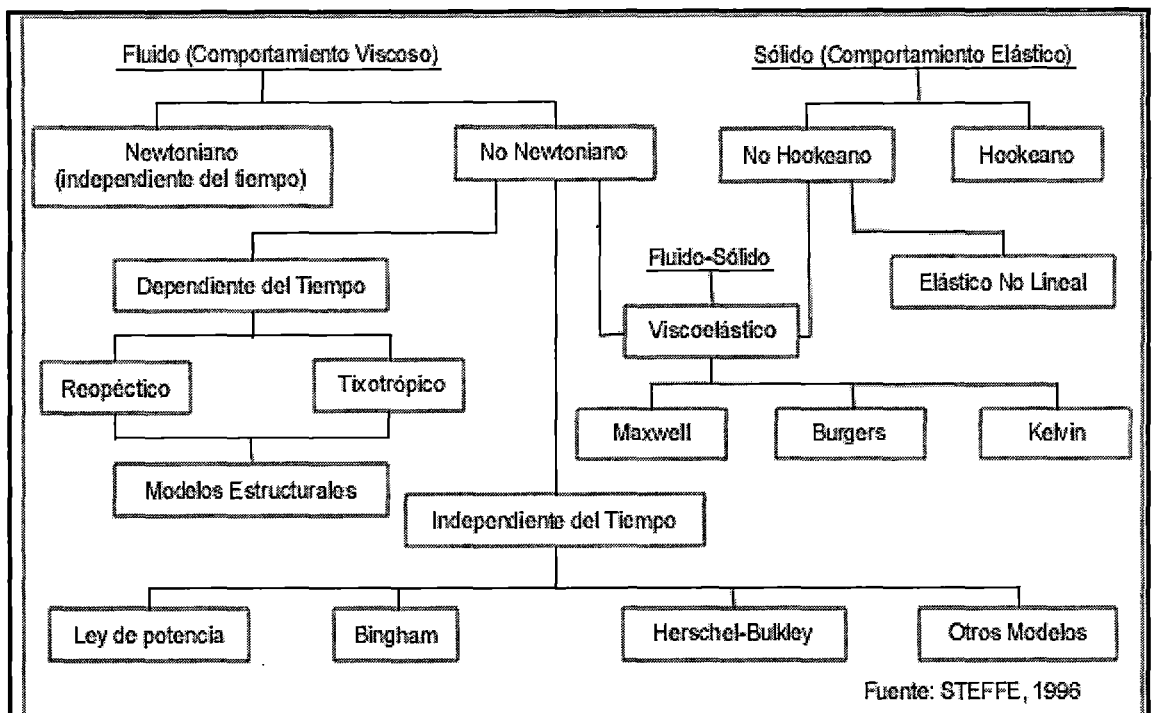


Figura 2.4: Clasificación simple del comportamiento reológico.

Los alimentos fluidos y semisólidos exhiben un amplio rango de comportamientos reológicos, debido a las variaciones en su composición y estructura.

A continuación se definen, de manera global, los modelos reológicos usados más frecuentemente para describir las propiedades de flujo de los alimentos.

a) Fluidos Newtonianos

Son líquidos cuyos coeficientes de viscosidad son constantes para una temperatura dada. Es decir, cuando el fluido es sometido a esfuerzos de corte (σ) se desarrollan relaciones de deformación ($\dot{\gamma}$) directamente proporcionales a la velocidad de deformación

$$\mu = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

Ecuación 2.1

Dónde:

μ = viscosidad newtoniana (Pa s)

σ = esfuerzo de corte (Pa)

$\dot{\gamma}$ = relación de deformación (s^{-1})

Los fluidos newtonianos, por definición, presentan una línea recta que relaciona σ - $\dot{\gamma}$, con intercepto cero y pendiente igual a μ . Todos los fluidos que no exhiben este comportamiento pueden ser llamados no - newtonianos (Ramírez, 2006).

Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, té, café, cerveza, bebidas carbonatadas, jugos filtrados, leche, aceite comestible, almíbar de azúcar y mayoría de mieles (Bourne, 2002).

b) Fluidos No Newtonianos independientes del tiempo

Los fluidos viscosos no newtonianos no presentan proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte, la viscosidad recibe el nombre de viscosidad aparente y es función de la relación de deformación; son fluidos plásticos, que pueden presentar cierta elasticidad por debajo de un determinado umbral de presión de corte. (Ibarz y Barbosa, 1999)

Estos fluidos tienen una estructura compleja, en la cual intervienen, generalmente, dos fases como ocurre en emulsiones y suspensiones (Cheftel *et al.*, 2000).

En la Figura 2.5 se presenta la gráfica de viscosidad aparente versus relación de deformación con la curva que caracteriza cada modelo reológico de fluidos independientes del tiempo. En la Figura 2.6 se muestra el reograma de cada uno de estos comportamientos.

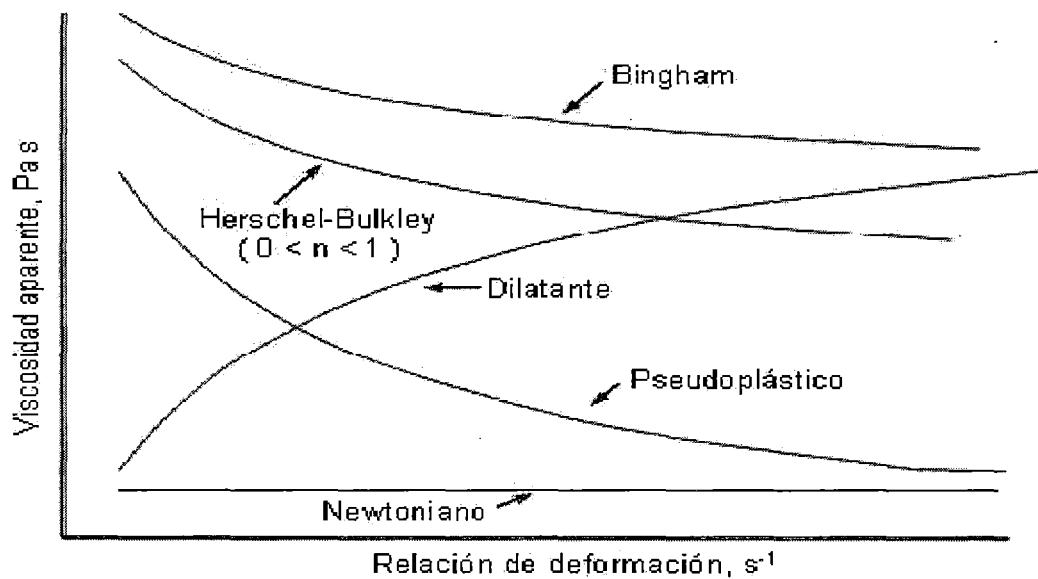


Figura 2.5: Viscosidad aparente en fluidos independientes del tiempo

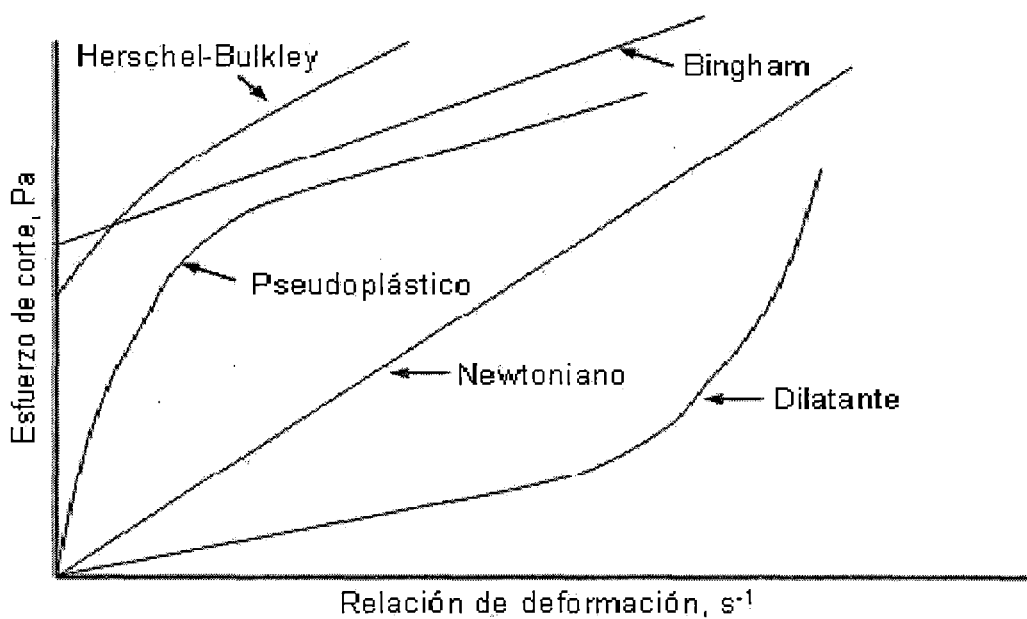


Figura 2.6: Reograma de fluidos independientes del tiempo

Ley de Potencias: Fluidos Pseudoplásticos.

Muchos fluidos alimenticios describen comportamiento pseudoplástico y son caracterizados utilizando un modelo de ley de potencia (Ramírez, 2000):

$$\sigma = K \dot{\gamma}^n \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

K = coeficiente de consistencia (Pa s)

n = índice de comportamiento reológico (adimensional), con $0 < n < 1$

Al dividir la ecuación 2.2 por la relación de deformación $\dot{\gamma}$ se obtiene la ecuación que gobierna la viscosidad aparente en fluidos pseudoplásticos:

$$\eta = K \dot{\gamma}^{n-1} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

η es la viscosidad aparente, en Pa·s.

En este caso, la viscosidad aparente del fluido disminuye a medida que aumenta el esfuerzo de corte.

Según Ramírez (2006), algunas causas atribuibles al comportamiento pseudoplástico son:

- a) Compuestos de alto peso molecular o partículas de gran tamaño
- b) Alta interacción entre las partículas, provocando agregación por enlaces secundarios

- c) Relación axial grande y asimetría de partículas, que requieren orientación a lo largo de la línea de flujo
- d) Variaciones en el tamaño y forma de las partículas que permiten el apilamiento de ellas.
- e) Partículas en estado no rígido o flexible que pueden sufrir cambios geométricos o conformacionales

A continuación se citan ejemplos de fluidos pseudoplásticos: pasta de avellana; puré de plátano, vinagreta, jarabe de chocolate, salsa para enchilada, y jarabe para panqueque; jugos concentrados de frutas o vegetales, pastas, compota de manzana, pasta de almidón y proteínas (Ramírez, 2006).

En general, los purés de frutas y vegetales son fluidos pseudoplásticos. La consistencia de estos productos es un parámetro importante de calidad (Ibarz y Barbosa, 1999).

Si en la ecuación 2.2 el índice de comportamiento reológico, n es mayor que la unidad ($n > 1$) el fluido es dilatante, lo cual corresponde al fenómeno inverso de la pseudoplasticidad porque el fluido aumenta su viscosidad al aumentar la tasa de corte. Este tipo de flujo sólo se encuentra en líquidos que contienen una alta proporción de partículas rígidas insolubles en suspensión (Bourne, 2002).

El comportamiento dilatante también es el resultado de factores similares a los listados anteriormente para un fluido pseudoplástico, sin embargo, la concentración y la variación en las formas del material juegan un papel aún

más determinante en la dilatancia. Este fenómeno puede ser el resultado de partículas de variados tamaños y formas, estrechamente ajustadas y firmemente empaquetadas, de manera que el flujo llega a ser relativamente más difícil al incrementar la presión (RHA, 1998). Se citan como ejemplo algunos tipos de miel y soluciones de 40% de almidón de maíz crudo (Ibarz y Barbosa, 1999).

c) Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo.

En este caso, la viscosidad aparente varía no sólo con el esfuerzo de corte, sino que también, para un esfuerzo de corte constante, varían con el tiempo de duración de la relación de deformación. Estos fluidos se clasifican en:

- Fluidos Tixotrópicos

Son aquellos cuya viscosidad disminuye con el tiempo manteniendo el esfuerzo de corte constante, por lo tanto, la viscosidad aparente depende no sólo de la relación de deformación, sino también de la duración (tiempo) de la deformación. La estructura de estos fluidos es destruida debido al esfuerzo de corte aplicado, regenerándose dicha estructura cuando deja de actuar el esfuerzo de corte. Cuando se recupera el valor de la viscosidad inicial se habla de tixotropía reversible, y si no se alcanza de nuevo el valor original, de tixotropía irreversible (ej. jugo concentrado de naranjas) llamada también reomalaxia o reodestrucción. Este fenómeno puede explicarse por la presencia entre las cadenas lineales de coloides hidrófilos, de enlaces hidrógeno que se rompen por la agitación y se reagrupan en el reposo (Cheftel *et al.*, 2000).

Ejemplos típicos son los alimentos para niños basados en carne, vegetales, pescado, y postre de frutas (Alonso *et al.*, 1995).

- Fluidos Reopéticos

En estos fluidos la viscosidad aumenta con el tiempo, cuando el esfuerzo de corte permanece constante. Antitixotropía y tixotropía negativa son sinónimos de reopexia. (STEFFE, 1996). Este comportamiento implica la elaboración o reorganización de estructura, que trae consigo un aumento de la resistencia al flujo (Ibarz y Barbosa, 1999).

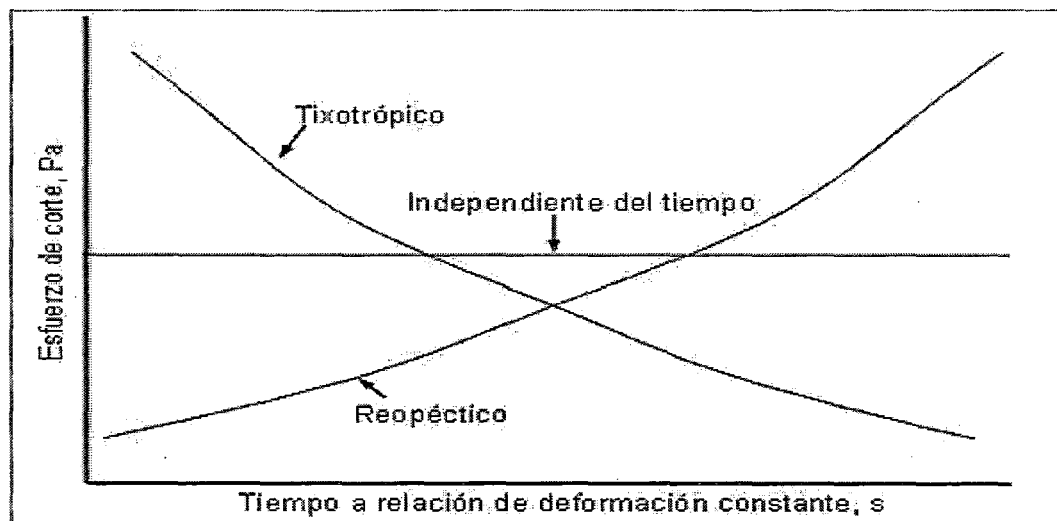


Figura 2.7: Fluidos independientes del tiempo

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Laboratorio de Proceso Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima

La materia prima utilizada fue el durazno (*Prunus persica.*) y la soya (*Glycine max Merr*), adquiridas en el mercado Nery García Zárate.

Para la práctica, la fruta y la leguminosa se seleccionaron de tamaño adecuado y uniforme, libres de daños mecánicos y/o fitopatológicos.

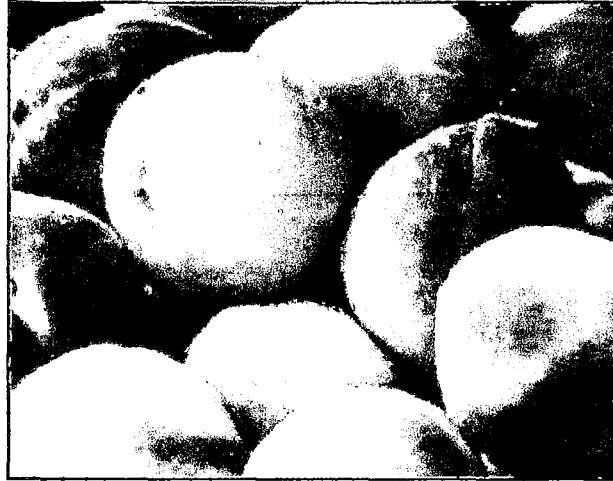


Figura 3.1: Fruto del durazno (*Prunus persica*)

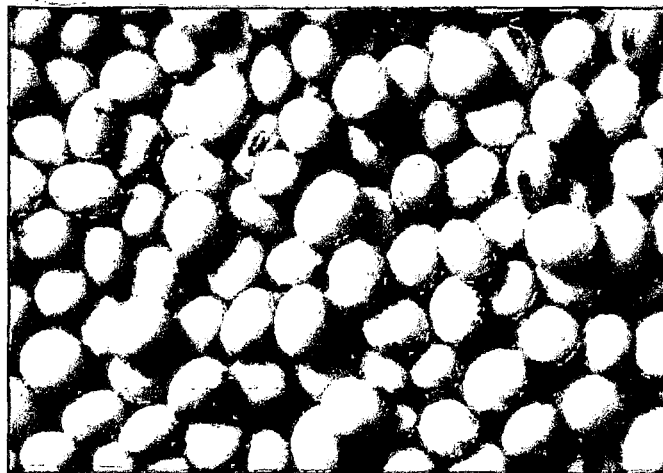


Figura 3.2: La soya (*Glycine max Merr*)

3.1.2 Insumos

- Esteviosido (estevia cristal 90%)
- Ácido cítrico comercial
- Carboximetil celulosa (CMC)
- Sorbato de potasio.

3.1.3 Reactivos

- Ácido ascórbico q.p.
- Ácido oxálico q.p.
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Indicador: Fenolftaleina
- Bufer 4.01 y Bufer 7.01

3.1.4 Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado.
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL
- Fiola de 250, 100, 500 mL
- Balón de 250 ml.
- Bureta de 50 mL
- Probeta de 100 mL
- Tubos de ensayo con gradilla
- Mortero
- Termómetro.
- Pera de succión
- Soporte universal
- Papel filtro.
- Cuchillo
- Papel toalla.

3.1.5 Equipos e instrumentos

- Balanza Analítica, Marca AND HR 200
- Estufa Marca HOT AIR OVEN modelo YCO-010
- Mufia, marca RELES modelo ML/U5L
- pH - Metro: Marca: THERMO SCIENTIFIC
- Refractómetro, Marca: ATAGO
- Equipo Kjeldahl, marca Velp Scientific
- Centrifuga, marca QUIMIS
- Equipo Soxhlet de vidrio, marca Pirex
- Viscosímetro rotacional, marca

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Recepción de la materia prima

Las materias primas durazno y soya fueron obtenidas del mercado Nery García Zárate. Las materias primas se trasladaron los laboratorios de Biotecnología Agroindustrial donde fueron sometidas a un análisis de componentes en muestra fresca (la soya se evaluó en forma de extracto de soya previa preparación).

3.2.2. Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto terminado

a. Humedad

Método gravimétrico. Método AOAC (2005). Se determinó por pérdida de peso en estufa a 100°C hasta peso constante.

b. Cenizas

Método calcinación directa Método AOAC (2005). Se determinó por

incineración de la muestra seca en Mufla a 600° C hasta peso constante.

c. Acidez total

Método Acidez titulable. Método AOAC (2005), se determinó por neutralización con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador utilizando como apoyo el potenciómetro considerando el viraje a un pH de 8.3.

d. Sólidos solubles o °Brix

Para la determinación de sólidos solubles se utilizó el método refractométrico, utilizando el refractómetro (Método de la AOAC modificado).

e. Proteína bruta

Se determinará mediante el método de determinación del contenido en nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta. Método de Kjeldahl (Método de la AOAC).

f. Grasa

Se determinará por el método Soxhlet.

g. Viscosidad

Haciendo uso del viscosímetro rotacional, seleccionando el spindle y velocidad del equipo adecuado.

h. pH

Método potenciométrico. Método AOAC (1995). Se determinó utilizando el pH-metro digital.

3.2.3. Análisis sensorial

La evaluación se realizó con el fin de conocer la aceptabilidad del producto elaborado, se llevó a cabo el día cero de almacenamiento contando con panelistas no entrenados (20), evaluándose características

como olor, olor y sabor. El método de análisis sensorial fue mediante la escala hedónica, asignándole valores máximo de 7: me gusta extremadamente; y mínimo 1: me desagradaba extremadamente.

El formato de evaluación se encuentra en el anexo 3.

3.2.4. Elaboración de la bebida baja en calorías con pulpa de durazno y enriquecida con extracto de soya edulcorada con estevia

a) Recepción de la Materia prima e insumos

Etapa de verificación de la calidad de la materia prima y los insumos mediante un análisis organoléptico.

b) Pesado

Esta operación permite determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta.

c) Selección

Se descartó la fruta en mal estado y luego se selecciona según tamaño, grado de madurez, etc.

d) Lavado y desinfección

Se realizó con la finalidad de eliminar las partículas extrañas adheridas a la fruta. Mediante inmersión y agitación. Luego, la fruta se procedió a su desinfección para eliminar microorganismos. Para ello sumergió en una solución desinfectante (solución clorada 50 ppm) por 5 minutos.

e) Escaldado

Como el fruto es altamente inestable, rápidamente se pardea, antes de realizar el pelado se escaldó en agua a ebullición, por un máximo de 5

minutos.

f) Pulpeado

Etapas que consistió en obtener la pulpa de la fruta, separándolo de la fibra y pepas de este fruto.

g) Obtención del extracto de soya

Se usó como base 500 gramos de frejol de soya. Se procedió así: Lavar muy bien la soya y dejarla remojar por lo menos 12 horas en dos litros de agua fría. Luego se escurrió, y con las manos, sacarle la cáscara a cada grano.

Se colocó la muestra en la licuadora, mezclados con agua, en la siguiente proporción: 1 porción de granos por cada 3 de agua (para este caso 1.5 litro de agua). Retirar de la licuadora, con ayuda de un lienzo filtrar y poner a hervir por 10 minutos. Una vez hervido retirar del fuego y esperar que enfríe; volver a filtrar nuevamente, de esta manera se obtendrá la leche de soya. El agua se calculó para obtener el extracto con aproximadamente 6% de proteína (w/w).

h) Formulación I

Esta operación consistió en obtener la mezcla pulpa de durazno/ extracto de soya. Extracto de soya (5%-30%)

i) Formulación II

Esta operación se adecuó todos los insumos en cantidades apropiadas como se describe a continuación:

- Dilución de la pulpa con agua (1:1-1:2)
- Estevia (0,4 g/L)
- Adición de estabilizador (CMC), carboximetilcelulosa (0,10%)

- Adición de sorbato de potasio (0,06 %)

j) Acondicionado

Etapa en la cual se obtuvo las partículas más pequeñas de la pulpa obtenida en el pulpeado, adicionando una parte del agua a utilizar. Además permitió una mejor homogenización y mezcla del CMC.

k) Homogeneizado

En esta etapa se mezclaron los ingredientes completamente, luego se homogenizó hasta obtener una mezcla libre de grumos visibles. El tiempo para el homogeneizado fue de 10 minutos.

l) Refinado

Se utilizó un tamiz adecuado con la finalidad de uniformizar la mezcla, eliminando las partículas de gran tamaño.

m) Tratamiento térmico

La bebida se trató a 63 °C durante 30 minutos con el objeto de no desnaturalizar las proteínas presentes en el producto, además de inactivar los microorganismos (levaduras y mohos) que podrían afectar la inocuidad del producto.

n) Envasado

Después del tratamiento térmico, se procedió al envasado en envases de vidrio de 300 ml, con tapas rosca. Se realizó en forma manual. Esta operación se controló a 63°C.

o) Enfriado

Se colocaron las botellas en recipientes con agua fría para su enfriamiento rápido de tal manera que se produzca un “shock” térmico y

reduzcamos las pérdidas de aroma, sabor y consistencia. Hasta que el producto alcance la temperatura de 30 °C.

p) Etiquetado

Luego del enfriado, se procedió al lavado y secado de los envases para eliminar los residuos de microorganismos de la parte externa de los envases. A cada botella se le colocó la etiqueta que identifique al producto. Teniendo énfasis en la fecha de producción.

q) Almacenado

El almacenamiento de los envases se realizó en tres grupos: a temperatura ambiente a la luz, a temperatura ambiente a la sombra y a temperatura de refrigeración. Luego se realizaran los respectivos análisis.

En la figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo para obtener la bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia

3.3 EVALUACIÓN REOLÓGICA

En función a los 11 tratamientos se realizó la evaluación reológica de las bebidas a base de pulpa de durazno y extracto de soya, considerando para ello, las variables como viscosidad, velocidad angular, esfuerzo de corte, velocidad de cizalla y velocidad de corte.

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

Este diseño experimental está basado en la metodología de Superficie de Respuesta, con un diseño de compuesto central: 2² rotable.

Como se tienen 2 variables experimentales, para el diseño estadístico se considera un $\alpha = 1.41$, los rangos de éstas variables utilizados para el análisis se expresan en la tabla 3.1.

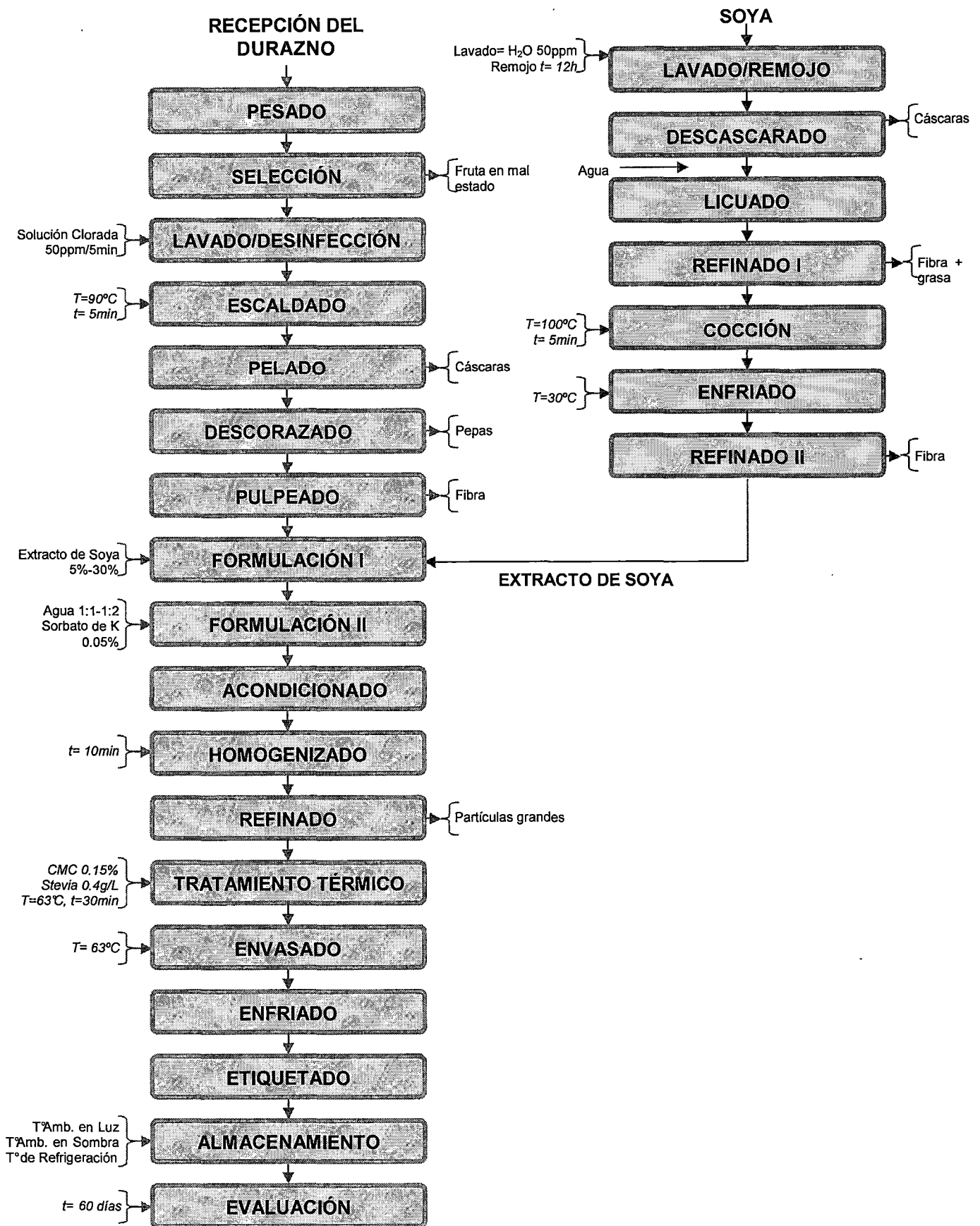


Figura 3.1: Diagrama de flujo para elaborar una bebida baja en calorías a base de durazno y extracto de soya edulcorada con estevia.

Tabla 3.1: Variables experimentales.

Factores	-1.41	-1	0	1	1.41	Unidades	Continuo
Concentración de extracto de soya en mezcla	5	8.66	17.5	26.34	30	%	Sí
Dilución con agua	1	1.15	1.5	1.85	2	(1:_)	Sí

Luego, mediante el apoyo de Statgraphics, obtuvimos las combinaciones de éstas variables consideradas como nuestros tratamientos experimentales (Tabla 3.2), además de los datos abajo mencionados.

Número de bloques: 1

Número de respuestas: 5

Número de corridas: 11, incluyendo 3 puntos centrales por bloque

Grados de libertad para el error: 5

El diseño de compuesto central: 2^2 +estrella estudiará los efectos de 2 factores en 11 tratamientos. El diseño será corrido en un solo bloque. El orden de los experimentos se presenta en orden aleatorio.

Tabla 3.2: Tratamientos experimentales.

Formulación	Variables independientes		Variables dependientes			
	Concent. de extracto soya en mezcla	Dilución con agua (1:_)	Proteína (%)	Olor	Color	Sabor
1	17.50	1.50				
2	8.66	1.85				
3	26.34	1.85				
4	17.50	2.00				
5	17.50	1.50				
6	30.00	1.50				
7	5.00	1.50				
8	8.66	1.15				
9	17.50	1.50				
10	26.34	1.15				
11	17.50	1.00				

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 Análisis fisicoquímicos de la pulpa de durazno y extracto de soya.

Los análisis fisicoquímicos tanto a la pulpa de durazno y del extracto de soya se reportan a continuación.

Tabla 4.1: Composición fisicoquímica de la pulpa de durazno

PARÁMETRO FÍSICOQUÍMICO	CANTIDAD
Rendimiento (%)	74,46
Humedad (%)	81,2±0,2
Cenizas (%)	0,47±0,05
Proteína (%)	0,79
Grasa (%)	0,22
Sólidos Solubles (°Brix)	17,3±0,5
Acidez Titulable (% Ácido Cítrico)	0,32±0,03
pH	4,5±0,3

Para el durazno, según Gaetano (1993), la parte comestible del fruto total corresponde entre el 60 y 75%. El componente mayoritario es el agua en un

84%. El contenido de azúcar varía de 10-20% y de las proteínas en un 0,5%.

Así también Alarcón (1984), precisa que el durazno tiene un rendimiento de 71,39%; un °Brix de 16.4, pH de 4,22 y acidez 0,28%; los resultados obtenidos en este trabajo son cercanos a lo reportado anteriormente, esto debido a que se trabajó a escala de laboratorio (no se utilizó pulpeadora) y teniendo la necesidad de trabajar en condiciones asépticas se tuvieron que descartar secciones que posibilitaban la proliferación de microorganismos durante la elaboración.

Observamos que el porcentaje de humedad en el durazno se encuentra en un 81.2%, el contenido de cenizas en un 0.47%, de proteínas en un 0,79% y un 0.22% de grasa; lo que se corrobora según Collazos (1996), que menciona una % humedad de 81,7%, contenido de cenizas de 0,5%; de proteínas de 0,6% y un 0,1% de grasa.

Tabla 4.2: Composición fisicoquímica del extracto de soya.

PARÁMETRO FÍSICOQUÍMICO	CANTIDAD
Rendimiento (Extracto de soya/Kg de soya en grano)	6,085
Humedad (%)	88,1 ± 0,4
Cenizas (%)	0,51 ± 0,09
Proteína (%)	6,98
Grasa (%)	1,60
Sólidos Solubles (°Brix)	10,4 ± 0,2
pH	6,6 ± 0,1

Según las tablas reportadas por el Instituto Nacional de Salud (2009), la leche de soya tiene un contenido de humedad de 91,4%; de cenizas de 0,4%; de proteína 3,0% y un 1,4% de grasa; resultados cercanos a lo

obtenido en este trabajo ya que estos contenidos suelen variar según los métodos de extracción; y debido a que utilizamos menos agua en la elaboración del extracto, que lo reportado en bibliografías para leche de soya, obtuvimos un valor menor de humedad y valores mayores de proteína, grasa y cenizas. (Pryde, 1990).

4.2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

4.2.1. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

Tabla 4.3: Grados brix de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas.

Formulación	Variables Experimentales		°Brix
	Concentración de Ext. Soya en Mezcla (%)	Dilución con agua (1:_)	
1	17,50	1,50	6,9
2	8,66	1,85	6,0
3	26,34	1,85	5,7
4	17,50	2,00	5,5
5	17,50	1,50	6,8
6	30,00	1,50	6,2
7	5,00	1,50	6,7
8	8,66	1,15	8,5
9	17,50	1,50	7,2
10	26,34	1,15	7,4
11	17,50	1,00	8,3

Considerando los °Brix de la pulpa de durazno y del extracto de soya de las Tablas 4.1 y 4.2 respectivamente, y despreciando el contenido de °Brix aportado por la estevia; corroboramos lo mencionado en la Tabla 4.3,

observándose que las formulaciones con mayor dilución presentan menor °Brix y que las 3 formulaciones centrales, según el diseño estadístico, presentan °brix similares.

En la Figura 4.1 se muestran estos resultados para un mejor análisis.

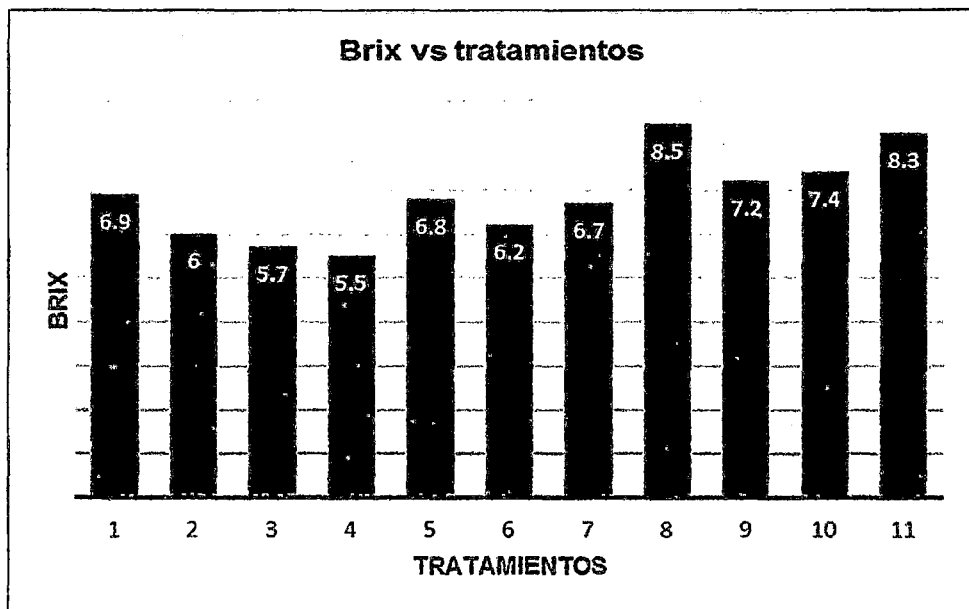


Figura 4.1: Grados brix de los tratamientos

4.2.2. Determinación del contenido proteínico

El valor de proteína de las bebidas evaluadas es un dato importante debido a que una de las finalidades del trabajo de investigación es contribuir con el consumo de proteína en la dieta diaria. Los contenidos de proteína de nuestras formulaciones se expresan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Contenido de proteína de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas.

Formulación	Variables experimentales		Proteína (%)
	Concentración de ext. Soya en mezcla (%)	Dilución con agua (1:)	
1	17,50	1,50	0,89
2	8,66	1,85	0,55
3	26,34	1,85	0,92
4	17,50	2,00	0,70
5	17,50	1,50	0,89
6	30,00	1,50	1,31
7	5,00	1,50	0,67
8	8,66	1,15	0,76
9	17,50	1,50	0,81
10	26,34	1,15	1,35
11	17,50	1,00	0,94

Comparando nuestros contenidos de proteína (de 0,55% hasta 1,35%), podemos comprobar que son mucho mayores a los reportados en productos existentes en el mercado, los cuales contienen desde 0% hasta 0,33% de proteína como máximo. Ver anexo 2.

Podemos mencionar, como ejemplo, que para una porción de 300 ml de nuestra formulación 10 (%Proteína = 1.35%), y considerando un requerimiento diario de proteína para varones y mujeres de 25 a 50 años, de 63 g/día y 50 g/día (según USDA, 2000), estaríamos aportando el 6,1% y el 7,7% respectivamente.

En la Figura 4.2 se muestran los resultados para proteínas.

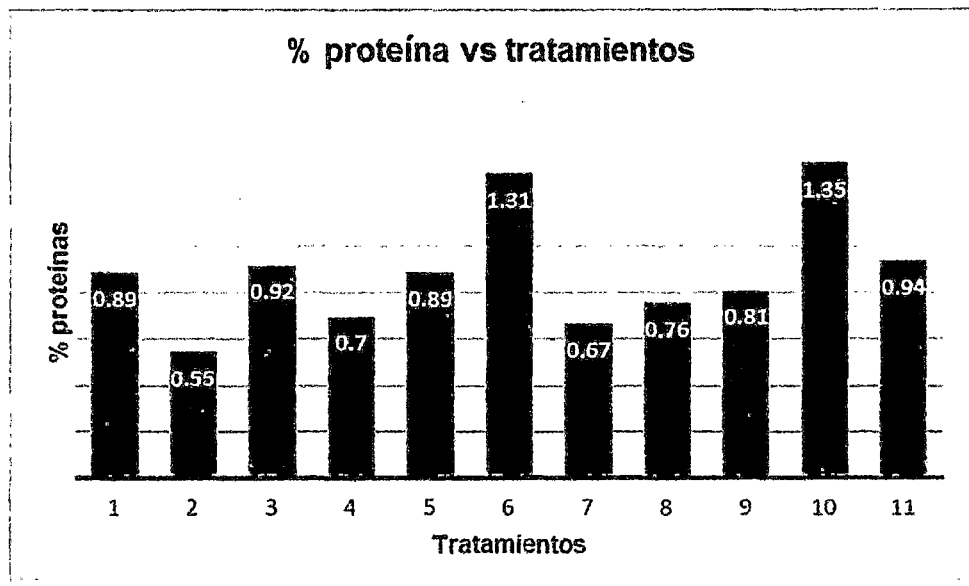


Figura 4.2: Contenido de proteínas según tratamientos

4.2.3. Determinación del valor energético

El valor energético o contenido de calorías en un producto se determina considerando el contenido de proteínas, grasa y carbohidratos; y es la suma de dichos componentes multiplicando cada uno de ellos por el factor específico *atwater* recomendado por la FAO. (Anexo 2). Estos datos son reportados en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Valor energético de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas.

Formulación	Variables experimentales		Kcal/100 g de producto
	Concentración de ext. Soya en mezcla (%)	Dilución con agua (1:_)	
1	17,50	1,50	22,09
2	8,66	1,85	20,10
3	26,34	1,85	18,23
4	17,50	2,00	18,77
5	17,50	1,50	22,18
6	30,00	1,50	21,56
7	5,00	1,50	24,01
8	8,66	1,15	28,92
9	17,50	1,50	22,78
10	26,34	1,15	26,12
11	17,50	1,00	29,39

Comparando el valor energético de las bebidas evaluadas (de 18,23 Kcal hasta 29,39 Kcal), podemos comprobar que son mucho menores a los reportados en productos similares existentes en el mercado, los cuales contienen de 41,67 Kcal hasta 57,60 Kcal como máximo. Ver anexo 1.

En la Figura 4.3 se grafican los contenidos de valor energético en Kcal

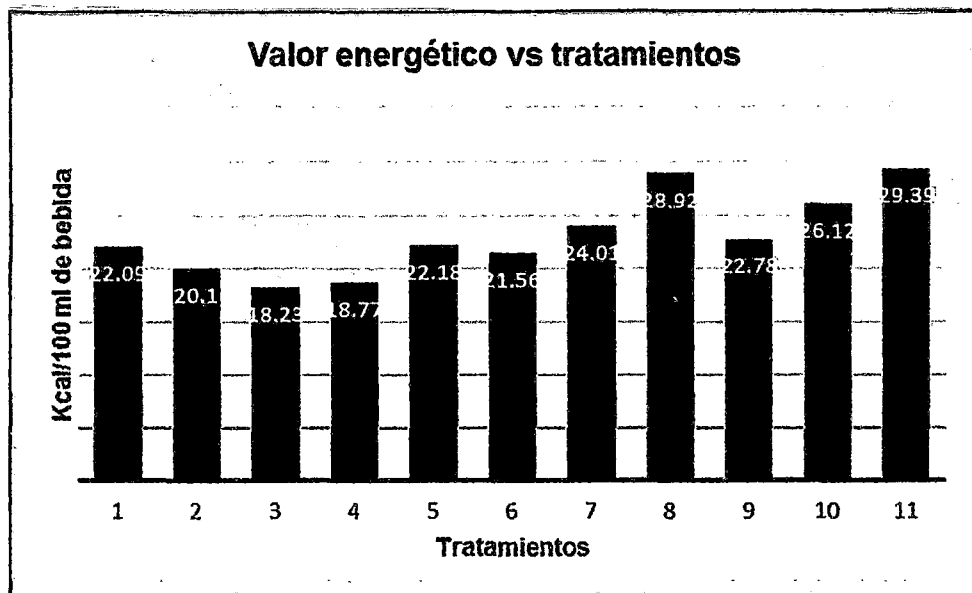


Figura 4.3: Valor energético de las bebidas evaluadas

4.3. EVALUACIÓN REOLÓGICA

El comportamiento reológico de los alimentos es muy complejo y a la vez desempeña un papel muy importante en muchos sistemas de proceso ya que tiene influencia en:

- ✓ Cálculos y diseño en ingeniería de procesos que abarca un gran número de equipos tales como tuberías, bombas, extrusores, mezcladores, intercambiadores de calor, homogeneizadores, calentadores, etc.
- ✓ Control de calidad tanto en la línea de producción como del producto final.
- ✓ Test de vida útil.
- ✓ Evaluación de textura de alimentos para correlacionarlos a datos

sensoriales.

Para esto analizaremos el esfuerzo cortante (τ ó σ) y velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$), de los datos de C_p y %T obtenidos experimentalmente de nuestras formulaciones (Tabla 4.16), mediante los diferentes modelos reológicos (Ver anexo 4) para determinar cuál de ellos se ajusta mejor a nuestro fluido.

Tabla 4.6: Variables reológicas de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas

Tratamientos	C_p (*)	%T(*)	T (Nm)	ω (RPM)	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)	τ (Pa)
1	3,68	20,09	10,76	200	7,67	402,12
	4,02	19,44	10,43	160	6,90	391,07
	5,43	14,58	8,09	120	3,84	286,43
	7,71	10,62	5,88	60	1,92	217,65
	10,92	8,74	4,65	30	1,15	181,27
	17,39	4,82	2,61	10	0,38	96,28
2	3,41	17,23	9,61	200	7,72	361,66
	3,54	16,91	9,39	160	6,94	354,71
	4,88	12,97	7,18	120	3,76	253,56
	7,09	9,62	5,22	60	2,12	202,61
	9,12	7,46	4,17	30	1,23	154,09
	13,49	3,71	2,09	10	0,55	73,87
3	3,24	17,3	9,34	200	7,67	350,61
	3,58	17,2	9,29	160	6,90	348,58
	5,46	14,3	7,72	120	3,84	289,81
	8,09	10,8	5,83	60	1,92	218,88
	10,87	8,8	4,75	30	1,15	178,34
	17,38	4,7	2,54	10	0,38	95,25
4	2,23	11,87	6,43	200	7,67	241,17
	2,41	10,71	5,78	160	6,90	216,85
	3,23	8,52	4,59	120	3,84	172,26
	4,57	6,03	3,24	60	1,92	121,60
	5,37	4,41	2,32	30	1,15	87,15
	9,07	2,54	1,30	10	0,38	48,64

5	12,84	68,8	37.15	200	12.65	706.58
	13,86	66,4	35.86	160	11.39	681.93
	19,29	51,4	27.76	120	6.33	527.88
	28,21	37,5	20.25	60	3.16	385.12
	37,67	30,6	16.52	30	1.90	314.26
	67,43	18,1	9.77	10	0.63	185.89
6	11,3	60,2	32.51	200	12.65	618.25
	12,2	57,4	31.00	160	11.39	589.50
	16,5	43,8	23.65	120	6.33	449.83
	22,6	30,1	16.25	60	3.16	309.13
	30,5	24,4	13.18	30	1.90	250.59
	46,5	12,5	6.75	10	0.63	128.37
7	11,5	61,1	32.99	200	12.65	627,50
	12,1	58,2	31.43	160	11.39	597,71
	16,09	44,1	23.81	120	6.33	452,91
	23,18	31,7	17.12	60	3.16	325,56
	33,61	26,8	14.47	30	1.90	275,24
	57,43	15,2	8.21	10	0.63	156,10
8	5,34	28,5	15.39	200	7.67	577,59
	5,92	28,4	15.34	160	6.90	575,56
	8,81	22,7	12.26	120	3.84	460,05
	12,67	16,9	9.13	60	1.92	342,50
	17,90	14,1	7.61	30	1.15	285,76
	31,69	8,71	4.59	10	0.38	172,26
9	3,54	17,68	9.61	200	7.67	360,74
	3,72	17,37	9.34	160	6.90	350,61
	4,95	13,23	7.18	120	3.84	269,54
	7,42	9,87	5.35	60	1.92	200,64
	10,2	8,32	4.43	30	1.15	166,18
	17,2	4,57	2.48	10	0.38	93,23
10	2,7	14,4	7.78	200	7.67	278,90
	2,77	13,3	7.18	160	6.90	269,54
	3,71	9,9	5.35	120	3.84	208,77
	5,32	7,1	3.83	60	1.92	143,89
	6,62	5,3	2.86	30	1.15	107,41
	11,6	3,32	1.67	10	0.38	62,83
11	5,65	27,8	15.01	200	7.67	558,55
	5,82	26,6	14.36	160	6.90	539,08
	7,76	21,3	11.50	120	3.84	431,67
	11,78	15,07	8.10	60	1.92	304,00
	15,65	12,45	6.70	30	1.15	251,30
	28,91	7,92	4.16	10	0.38	156,05

Evaluando gráficamente los datos anteriores, obtuvimos que el modelo que se ajusta mejor a nuestro fluido (según consta en el R^2 de cada modelo) es el de Mizrahi-Berk, que según Vidal (2000), describe al jugo de naranja concentrado y a una suspensión de partículas en un fluido pseudoplástico.

Los gráficos ajustados para el modelo de Mizrahi-Berk, se presentan a continuación.

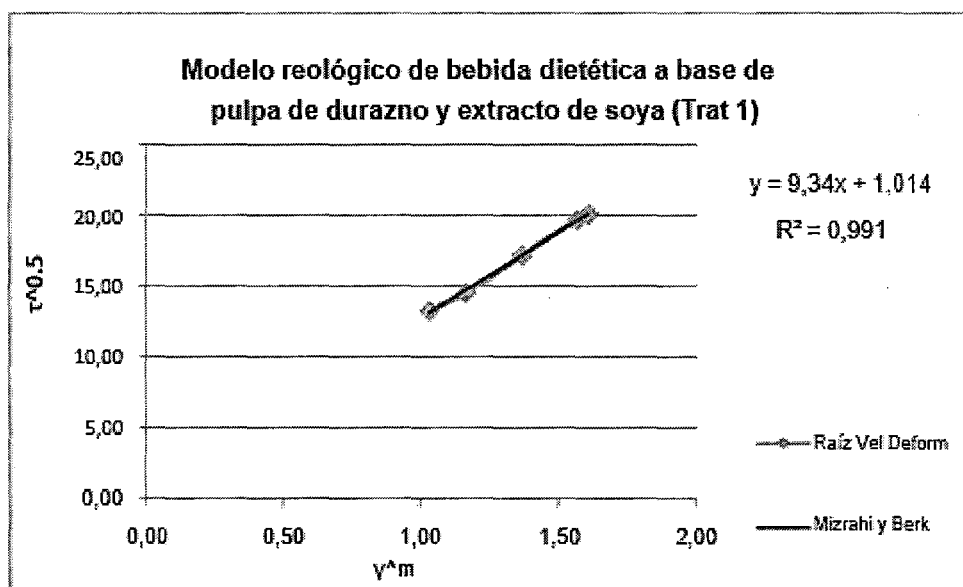


Figura 4.4: Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 1

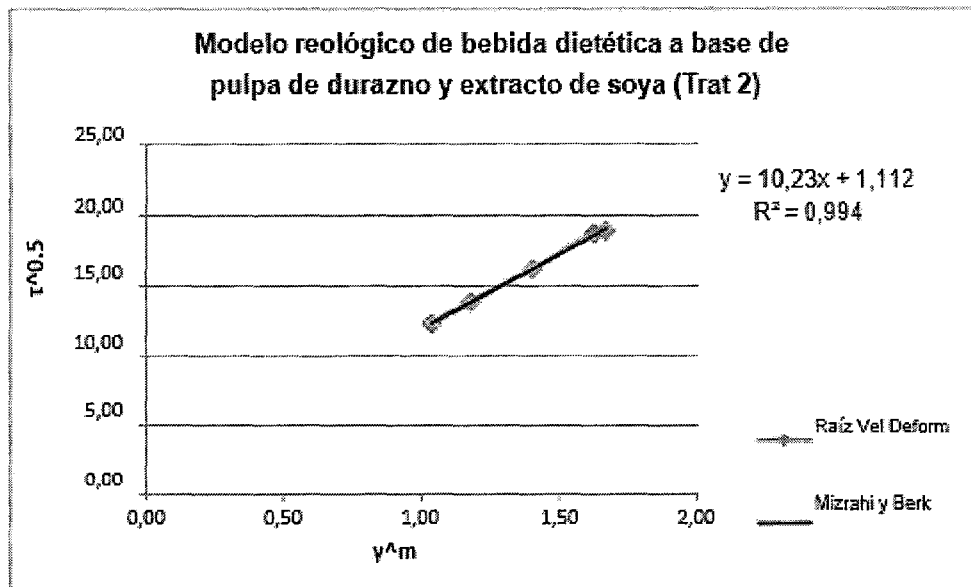


Figura 4.5: Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 2

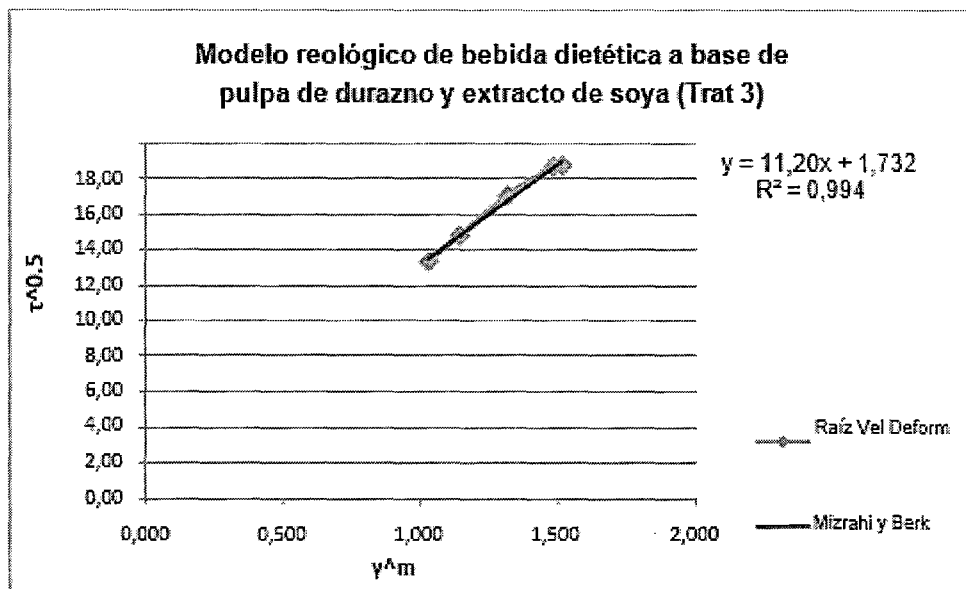


Figura 4.6: Modelo reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 3

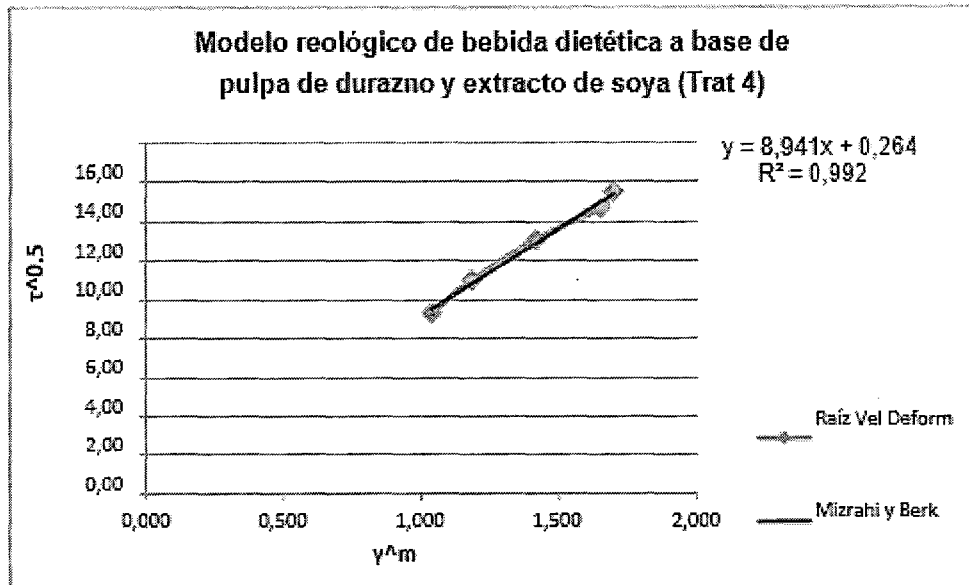


Figura 4.7: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 4

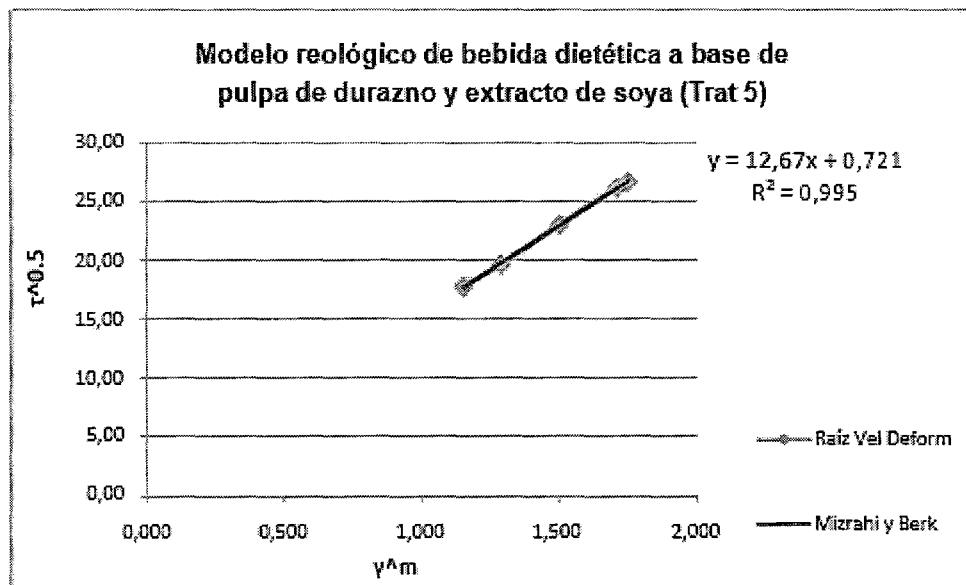


Figura 4.8: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 5

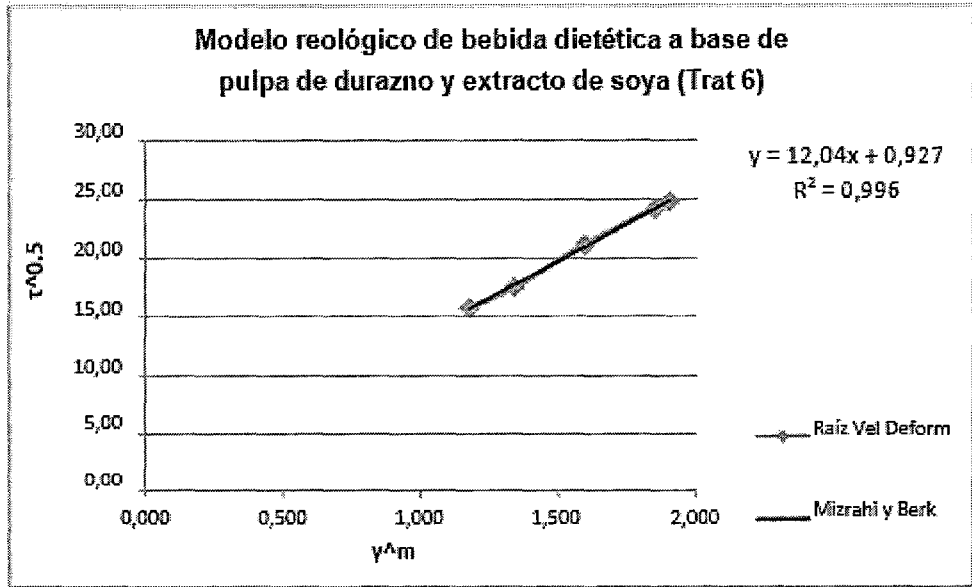


Figura 4.9: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 6

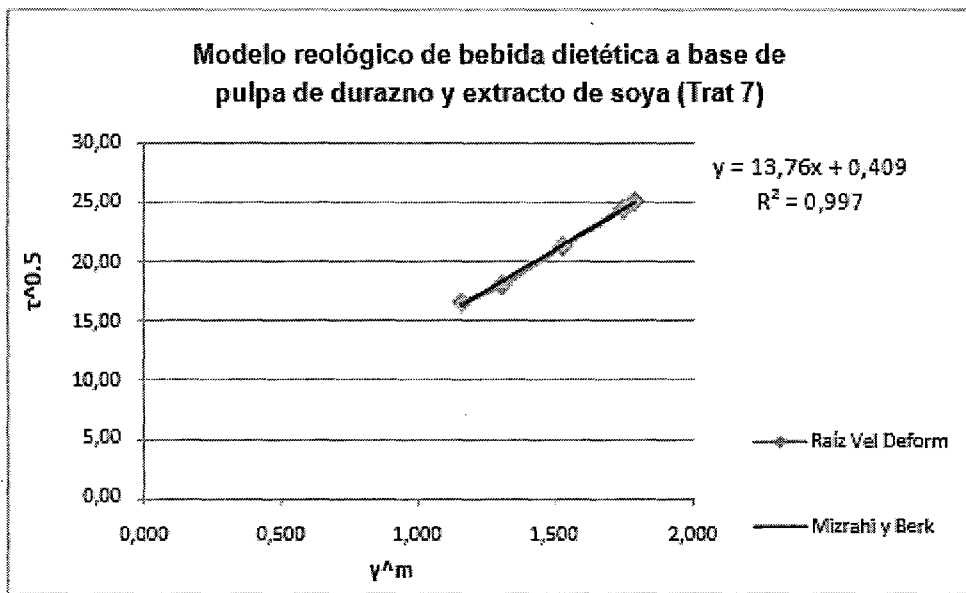


Figura 4.10: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 7

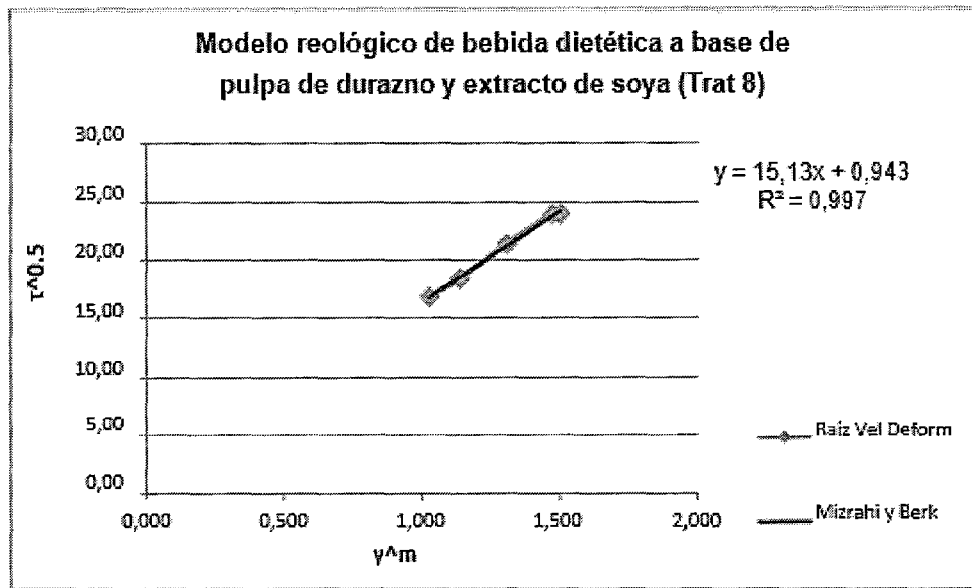


Figura 4.11: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 8

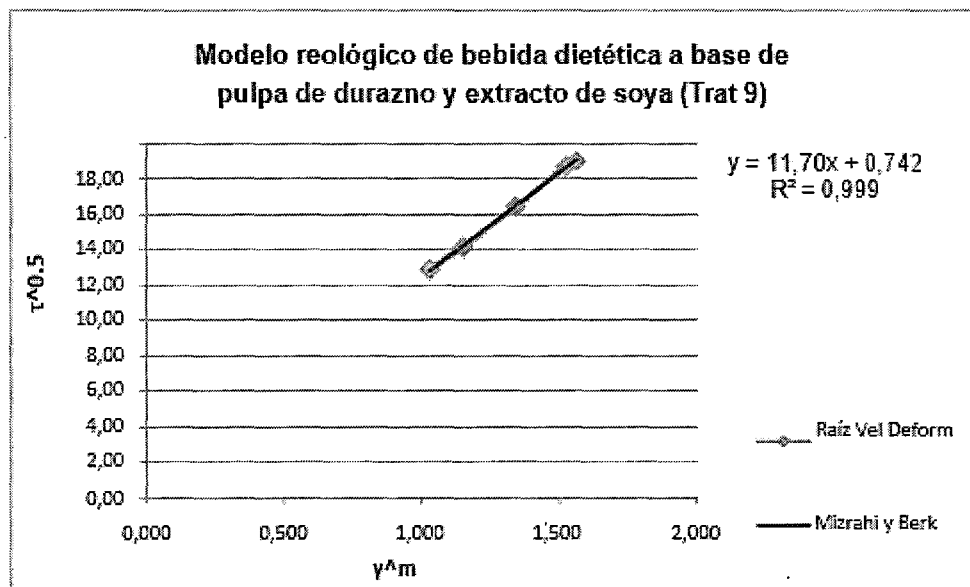


Figura 4.12: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 9

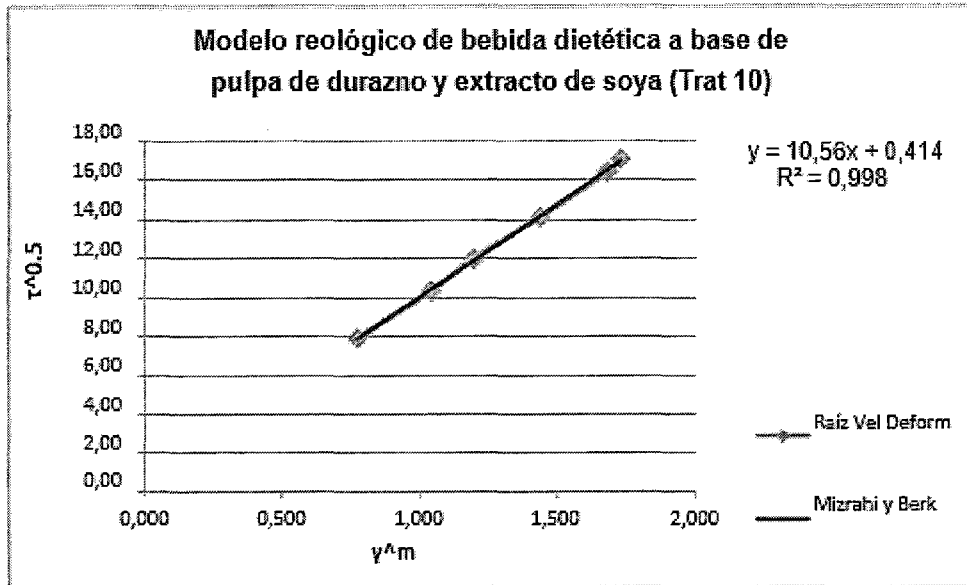


Figura 4.13: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 10

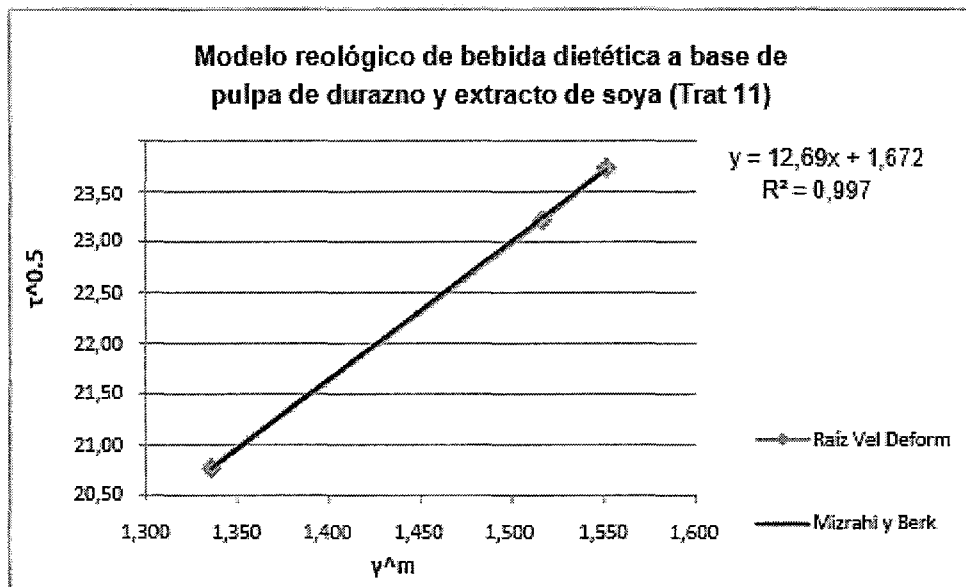


Figura 4.14: Modelo Reológico de Mizrahi-Berk para el tratamiento 11

4.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizaron análisis sensoriales para olor, color y sabor; con un panel no entrenado constituido por 20 personas a través del método de la escala hedónica considerando los siguientes puntajes:

Tabla 4.7: Escala Hedónica

DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
Me gusta extremadamente	7
Me gusta mucho	6
Me gusta	5
No me gusta ni me desagrada	4
Me desagrada	3
Me desagrada mucho	2
Me desagrada extremadamente	1

En la Tabla 4.8 se reportan los promedios obtenidos en la evaluación sensorial para cada formulación, observándose los valores máximos resaltados con color celeste, donde podemos notar de acuerdo al nivel de aceptabilidad (que es la media de los datos de olor, sabor y color de cada formulación), la mejor formulación para los panelistas es la número 1 con una aceptabilidad de 5,50.

Pero para obtener una formulación óptima, se evaluarán estos resultados mediante una optimización por el método Superficie de Respuesta. (Ver ítem 4.5).

Tabla 4.8: Resultados del análisis sensorial de las bebidas bajas en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de soya formuladas

Tratamientos	Olor	Color	Sabor	Aceptabilidad
1	5.0	5.4	4.7	5.50
2	3.9	3.4	3.6	3.63
3	2.5	2.2	2.9	2.53
4	3.7	2.9	3.5	3.37
5	4.8	5.4	4.6	4.93
6	2.8	2.6	2.5	2.63
7	4.4	4.8	3.8	4.33
8	3.7	4.5	4.4	4.2
9	5.2	5.2	5.3	5.23
10	3.5	3.7	2.8	3.33
11	5.2	4.3	4.2	4.57

En las Figuras 4.15 y 4.16 se grafican los resultados para una mejor visualización.

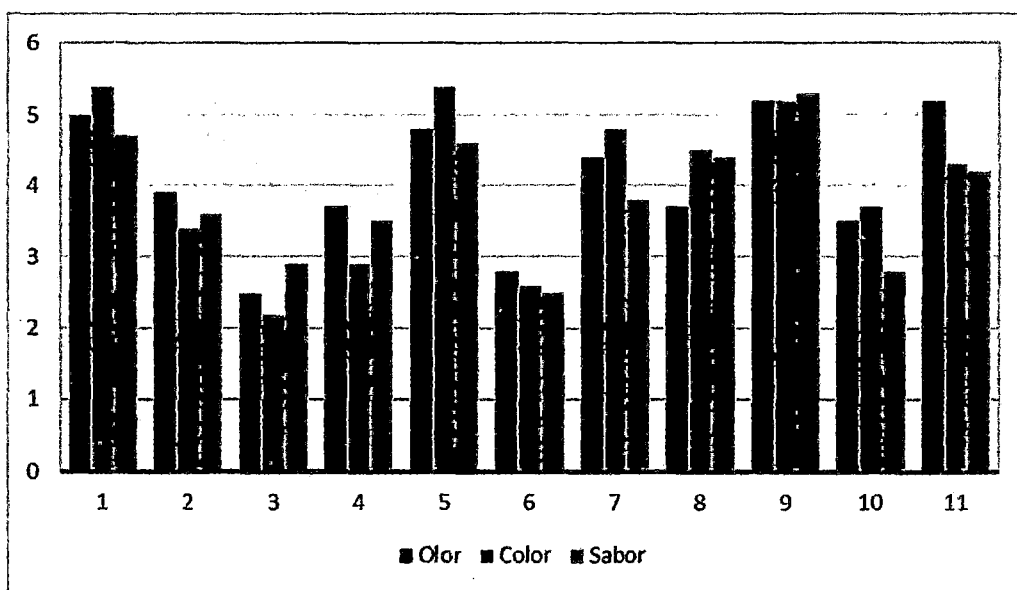


Figura 4.15: Análisis sensorial de olor, color y sabor

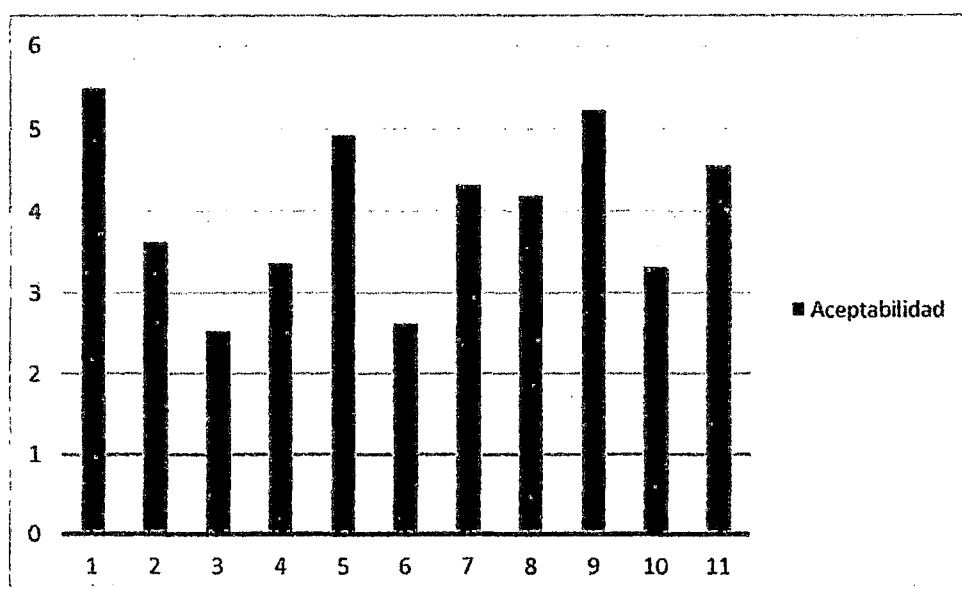


Figura 4.16: Análisis sensorial de aceptabilidad

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se mencionó en el diseño estadístico, tenemos dos variables experimentales: Concentración de extracto de soya en mezcla (%) y dilución con agua (1:__); y vamos a considerar 5 variables respuesta, contenido de Proteína (%) y los datos obtenidos del análisis sensorial (olor, color y sabor) y un promedio de éstos denominado aceptabilidad.

4.5.1. Análisis estadístico del contenido proteínico

El análisis de varianza (ANVA) para el contenido proteico de la bebida baja en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de estevia, se muestra en la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Análisis de varianza para contenido de proteína

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentracion de extracto de soya	0,52345	1	0.52345	4873,83	0.0000
B:Dilución	0,141045	1	0.141045	1313,27	0.0000
AA	0.0000519135	1	0.0000519135	0.4832	0.5294
AB	0.005214	1	0.005214	48,5475	0.0017
BB	0.0019342	1	0.0019342	18,009	0.0124
Error total	0.000537124	5	0.0001074		
Total (corr.)	0.610964	10			

La tabla ANVA particiona la variabilidad del contenido de proteína en piezas separadas para cada uno de los efectos. Por lo tanto prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que sean significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica **99.78%** de la variabilidad en el contenido de proteína. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,012076.

Las significancias obtenidas en el análisis de varianza se verifican en el diagrama de Pareto (Figura 4.18) donde se aprecia la influencia positiva de la variable concentración de soya y la influencia negativa de la variable dilución sobre la variable respuesta concentración de proteína.

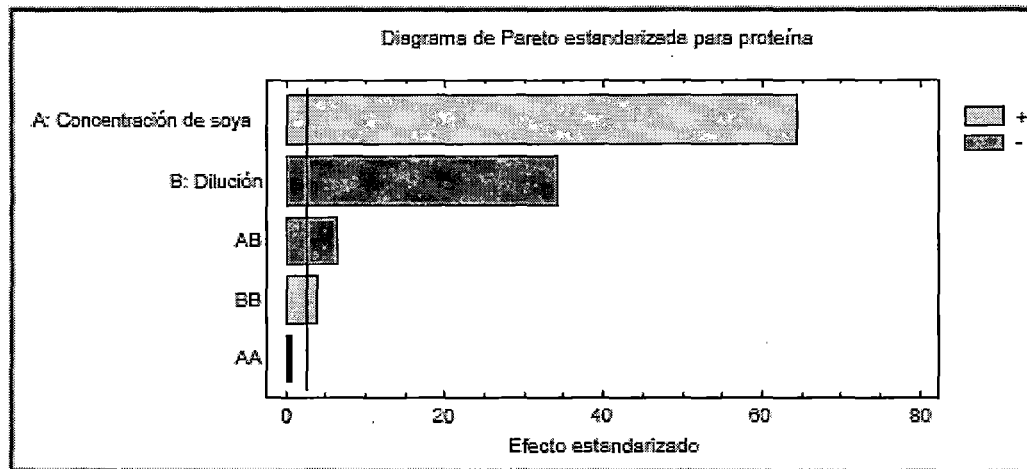


Figura 4.17: Diagrama de Pareto para el contenido de proteína

Ahora determinamos los coeficientes de regresión que se expresan en la tabla 4.10.

Tabla 4.10: Coeficientes de regresión para contenido de proteína

Coeficiente	Estimado
Constante	0.9862
A:Concentracion de Extracto de soya	0.0521437
B:Dilución	-0.621132
AA	0.0000404268
AB	-0.0124105
BB	0.135946

La ecuación de regresión del modelo ajustado a nuestros datos es:

$$\text{Proteína} = 0.9862 + 0.0521437A - 0.621132B + 0.0000404268A^2 - 0.0124105AB + 0.135946B^2$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Luego analizando el gráfico de efectos principales para proteína tenemos que la concentración de soya influye positivamente en el contenido de proteína y la dilución influye negativamente; por lo que comprobamos que la soya es la que incorpora la proteína a nuestro producto.

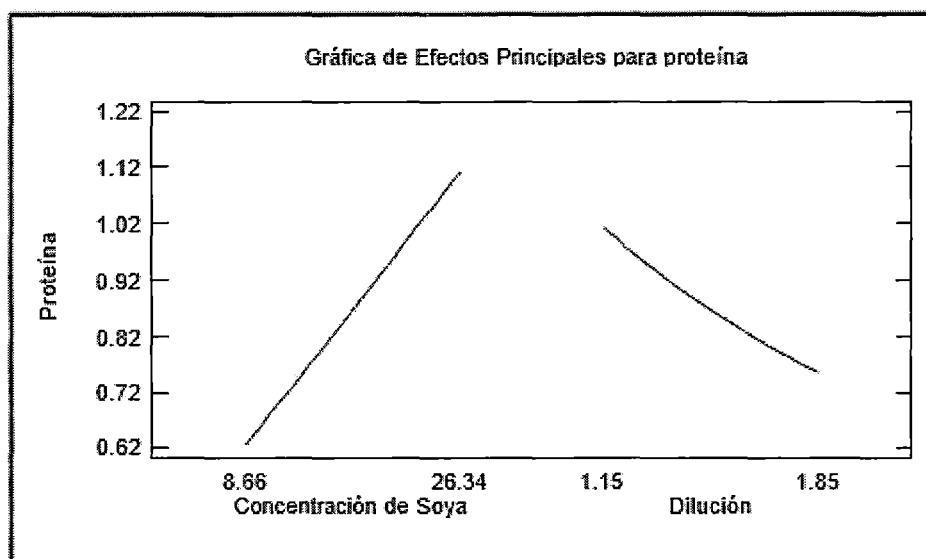


Figura 4.18: Efectos principales para el contenido de proteína

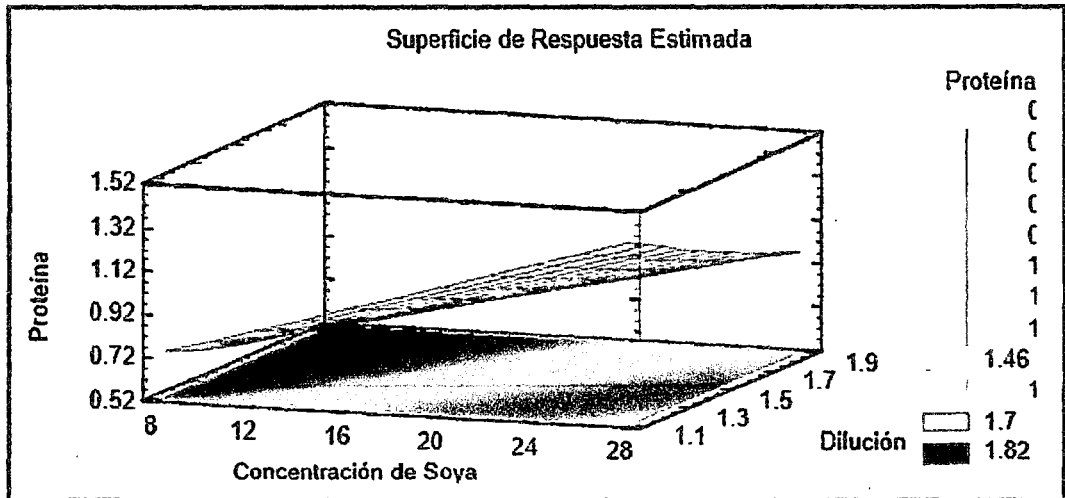


Figura 4.19: Superficie de respuesta estimada para el contenido de proteína

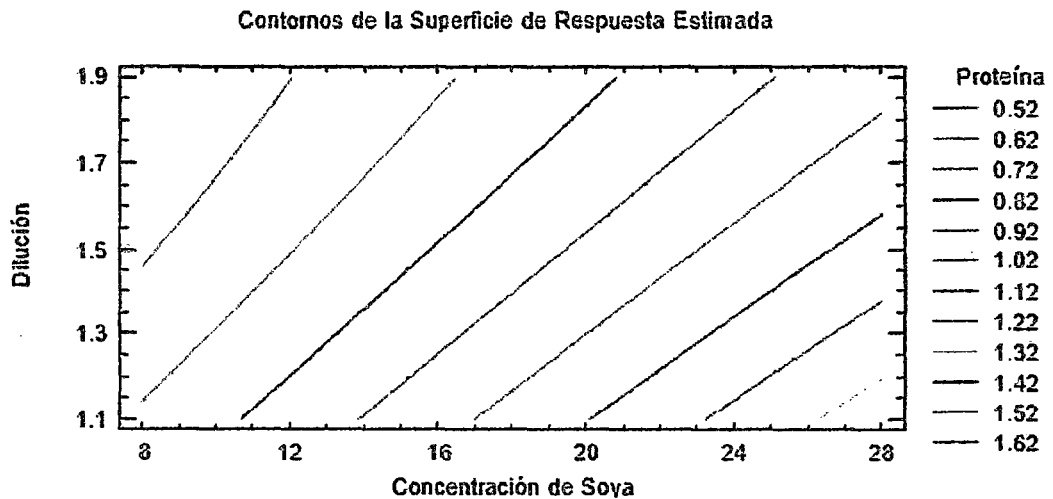


Figura 4.20: Contornos de la superficie de respuesta estimada para contenido de proteína.

Como referimos anteriormente y de los gráficos de superficie y contornos, notamos que no hay un valor óptimo de las formulaciones estudiadas para maximizar la variable proteína ya que ésta es

directamente proporcional al contenido de extracto de soya e inversamente proporcional a la dilución, sin embargo se puede considerar una concentración de soya de 30% y dilución 1:1 como valores óptimos en este trabajo, ya que éstos fueron los rangos extremos

4.5.2. Análisis estadístico del atributo olor

Tabla 4.11: Análisis de varianza para el atributo olor.

Fuente de variación	Suma de Cuadrado	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentracion de Soya	3,72134	1	3,72134	19,05	0,0085
B:Dilución	0,948453	1	0,948453	4,86	0,0883
AA	5,41234	1	5,41234	27,71	0,0042
AB	0,28	1	0,28	1,27	0,4231
BB	1,15234	1	1,15234	5,90	0,0712
Error total	0,976456	5	0,195291		
Total (corr.)	11,53452	10			

La tabla ANVA particiona la variabilidad del atributo olor en piezas separadas para cada uno de los efectos. Por lo tanto prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor- P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza de 95%.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica **92,45%** de la variabilidad en el atributo olor. El error estándar del estimado muestra que

la desviación estándar de los residuos es 0,444059.

Las significancias obtenidas en el análisis de varianza se verifican en el diagrama de Pareto (Figura 4.21) donde se aprecian influencias negativas de la variable concentración de soya y de su doble interacción sobre la variable respuesta olor.

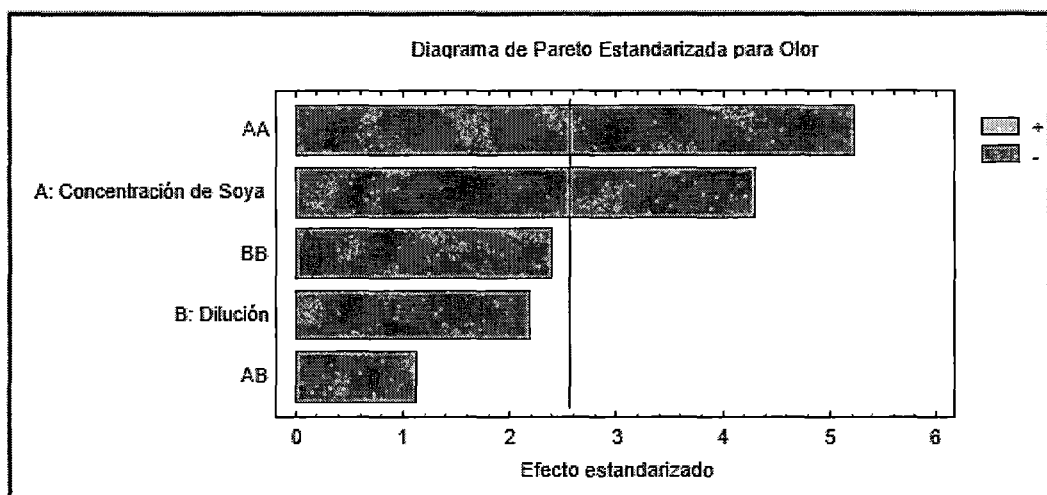


Figura 4.21: Diagrama de Pareto para el atributo olor

Ahora determinamos los coeficientes de regresión que se expresan en la tabla 4.12.

Tabla 4.12: Coeficientes de regresión para el atributo olor.

Coeficiente	Estimado
constante	-6,18231
A:Concentracion de Soya	0,492267
B:Dilución	11,2374
AA	0,0127197
AB	0,0848216
BB	-3,62115

La ecuación de regresión del modelo ajustado a nuestros datos es:

$$\text{Olor} = -6,18231 + 0.492267A + 11.2374B - 0.0127197A^2 - 0.0848216AB - 3.62115B^2$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Luego analizando el gráfico de efectos principales para olor tenemos que la concentración de soya y la dilución influyen negativamente; de lo que comprobamos que a mayor contenido de soya y dilución hay menor contenido de pulpa de durazno que es la materia prima que brinda el aroma característico a nuestra bebida y por lo tanto se obtienen menores valores de olor.

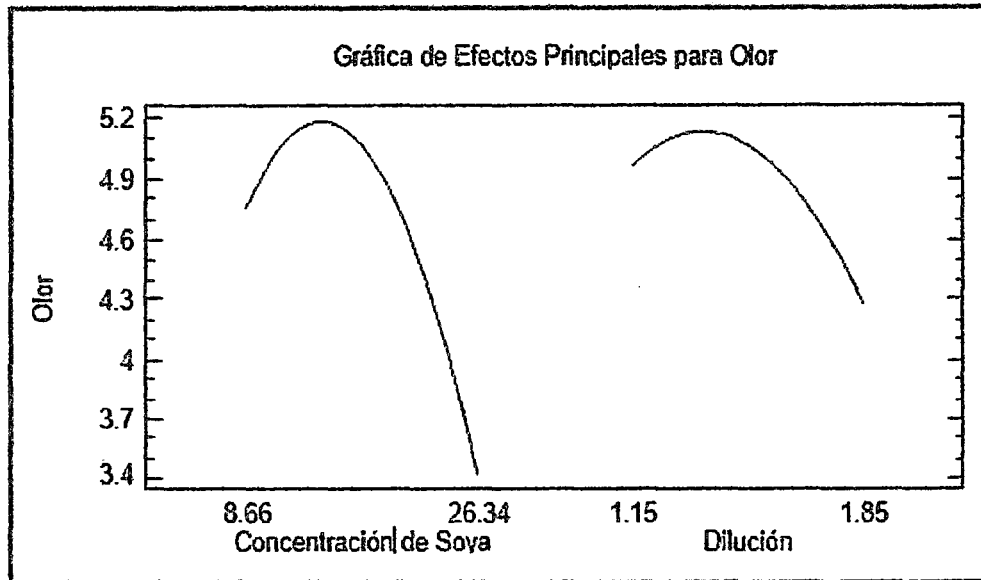


Figura 4.22: Efectos principales para el atributo olor

Para una mejor interpretación, tenemos los siguientes gráficos:

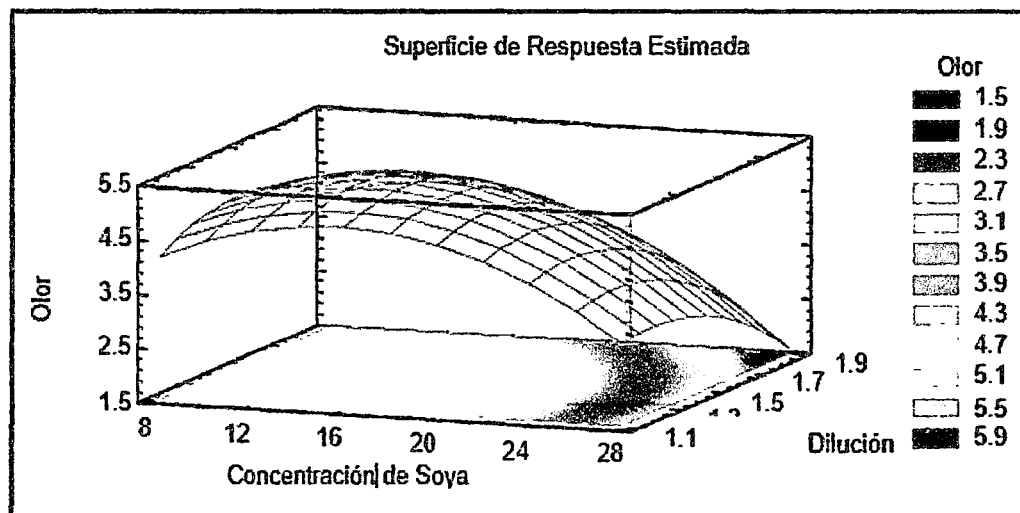


Figura 4.23: Superficie de respuesta estimada para olor

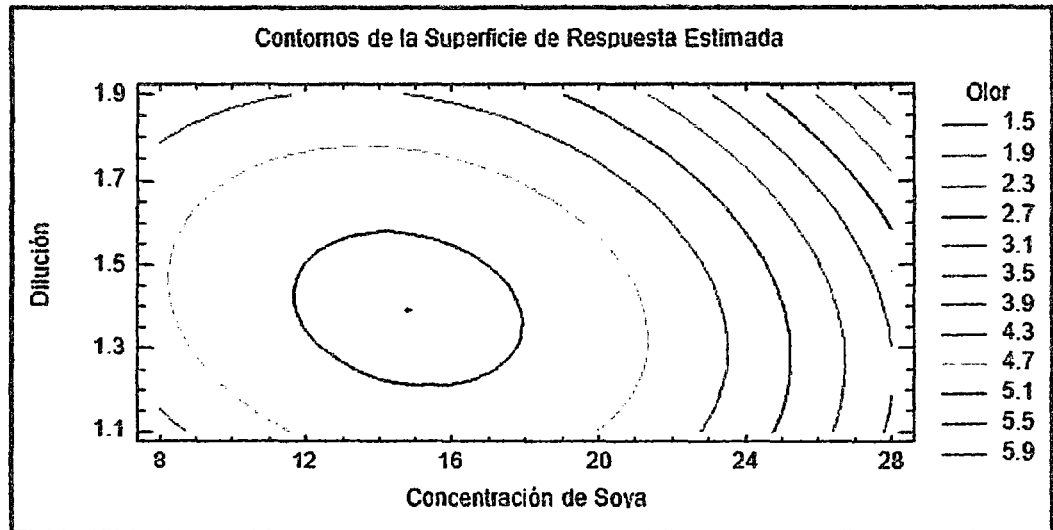


Figura 4.24: Contornos de la superficie de respuesta estimada para olor

De las figuras anteriores se obtiene la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el olor sobre la región indicada, se obtiene valores óptimos de 14,79% para la concentración de soya y una dilución 1:1,39439, con estos valores se pretende alcanzar un olor óptimo (Olor = 5,21776).

4.5.3. Análisis estadístico del atributo color

El análisis de varianza (ANVA) para el atributo color de la bebida baja en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de estevia, se muestra en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Análisis de varianza para el atributo color

Fuente de variación	Suma de	Gl	Cuadrado	Razón	Valor-
	Cuadrados		Medio		
A:Concentraci3n de Soya	4.64221	1	4.64221	51.07	0.0011
B:Diluci3n	2.73336	1	2.73336	30.07	0.0032
AA	4.83893	1	4.83893	53.24	0.0009
AB	0.1225	1	0.1225	1.35	0,3214
BB	4.79229	1	4.79229	52.72	0.0009
Error total	0.45448	5	0.090896		
Total corregido	15.3691	10			

La tabla ANVA particiona la variabilidad del atributo color en piezas separadas para cada uno de los efectos. Por lo tanto prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor- P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica **97.94%** de la variabilidad en el atributo color. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,30149.

Las significancias obtenidas en el análisis de varianza se verifican en el diagrama de Pareto (Figura 4.25) donde se aprecian influencias negativas de la variables concentraci3n de soya, diluci3n y de la dobles interacciones de las mismas; sobre la variable respuesta color.

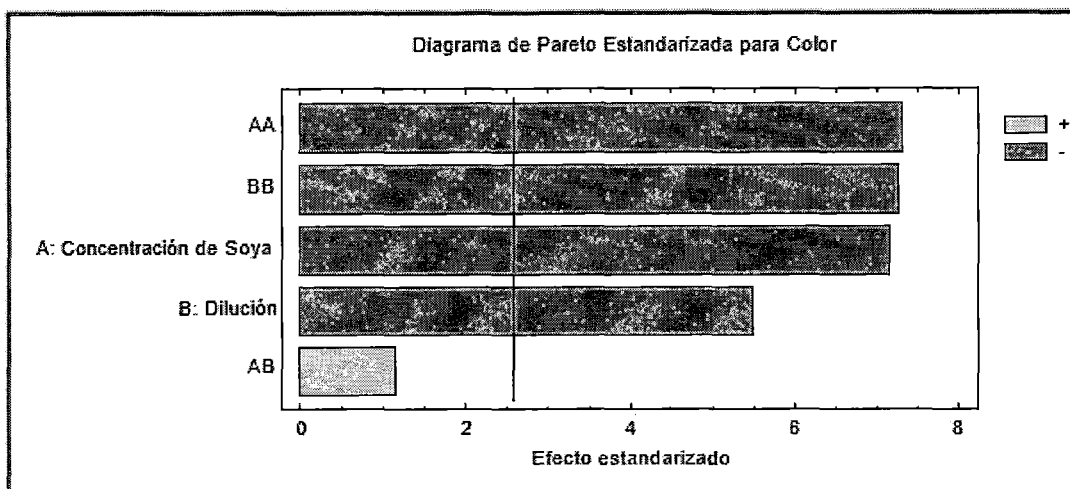


Figura 4.25: Diagrama de Pareto para el atributo color

Ahora determinamos la los coeficientes de regresión que se expresan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14: Coeficientes de regresión para el atributo color

Coeficiente	Estimado
Constante	-9,58052
A:Concentracion de Soya	0,244276
B:Dilución	19,5668
AA	-0.0118656
AB	0,0565611
BB	-7,40607

La ecuación de regresión del modelo ajustado a nuestros datos es:

$$Color = - 9.58052 + 0.244276A + 19.5668B - 0.0118656A^2 + 0.0565611AB - 7.40607B^2$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus

unidades originales.

Luego analizando el gráfico de efectos principales para color tenemos que la concentración de soya y la dilución influyen negativamente; de lo que comprobamos que a mayor contenido de soya y dilución hay menor contenido de pulpa de durazno que es la materia prima que brinda el color característico a nuestra bebida y por lo tanto se obtienen menores valores de color.

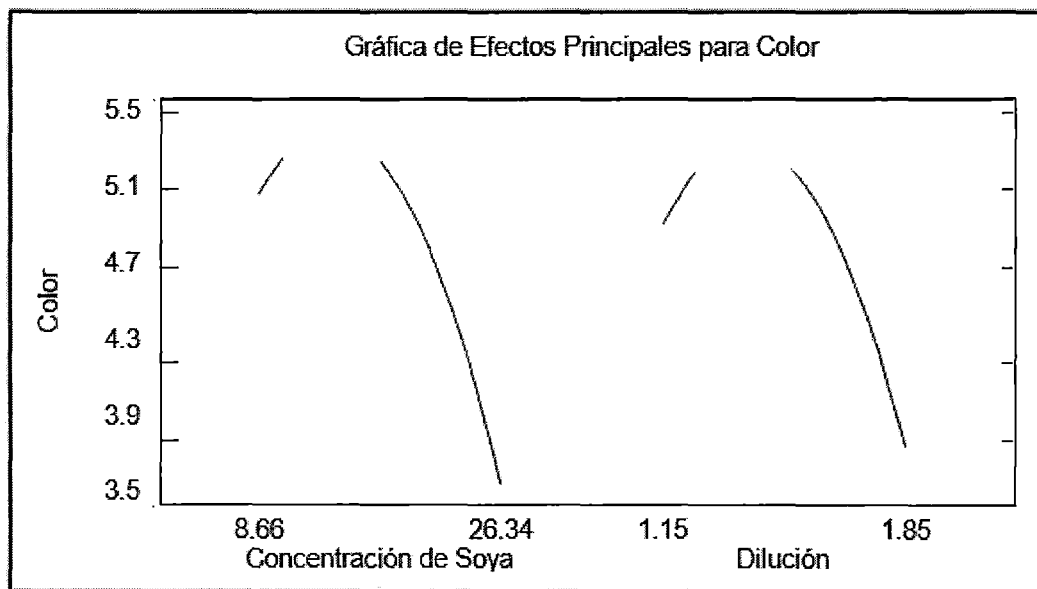


Figura 4.26: Efectos principales para el atributo color

Para una mejor interpretación, tenemos los siguientes gráficos:

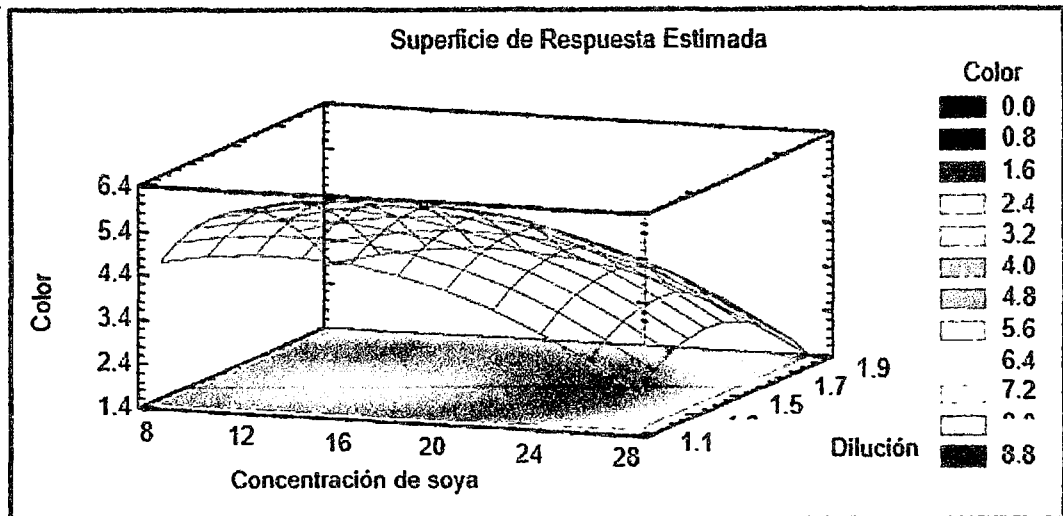


Figura 4.27: Superficie de respuesta estimada para color

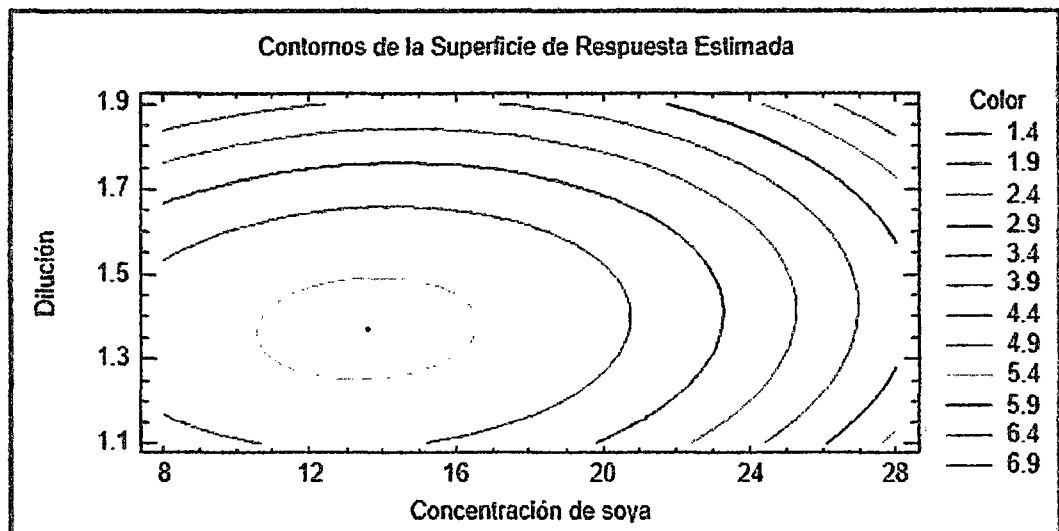


Figura 4.28: Contornos de la superficie de respuesta estimada para color

De las figuras anteriores se obtiene la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el color sobre la región indicada, se obtiene valores óptimos de 13,5659% para la concentración de soya y una dilución 1:1,37276, con estos valores se pretende alcanzar un color óptimo (Color = 5,50694).

4.5.4. Análisis estadístico del atributo sabor

El análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor de la bebida baja en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de estevia, se muestra en la tabla 4.15.

Tabla 4.15: Análisis de varianza para el atributo sabor.

Fuente de variación	Suma de	GI	Cuadrado Medio	Razón-	Valor-P
A:Concentracion de Soya	1,55612	1	1.55612	13,15	0.0148
B:Dilución	1,10002	1	1,10002	9,29	0.0325
AA	4,79332	1	4,79332	40,50	0.0013
AB	0,3209	1	0,3209	2,71	0.1675
BB	2,12135	1	2,12135	17,92	0.0088
Error total	0,591743	5	0.11834		
Total (corr.)	9,894312	10			

La tabla ANVA particiona la variabilidad del atributo sabor en piezas separadas para cada uno de los efectos. Por lo tanto prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor- P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica **94,65%** de la variabilidad en el sabor. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,35674.

Las significancias obtenidas en el análisis de varianza se verifican en el diagrama de Pareto (Figura 4.29) donde se aprecian influencias negativas de la variables concentración de soya, dilución y de la dobles interacciones de las mismas; sobre la variable respuesta sabor.

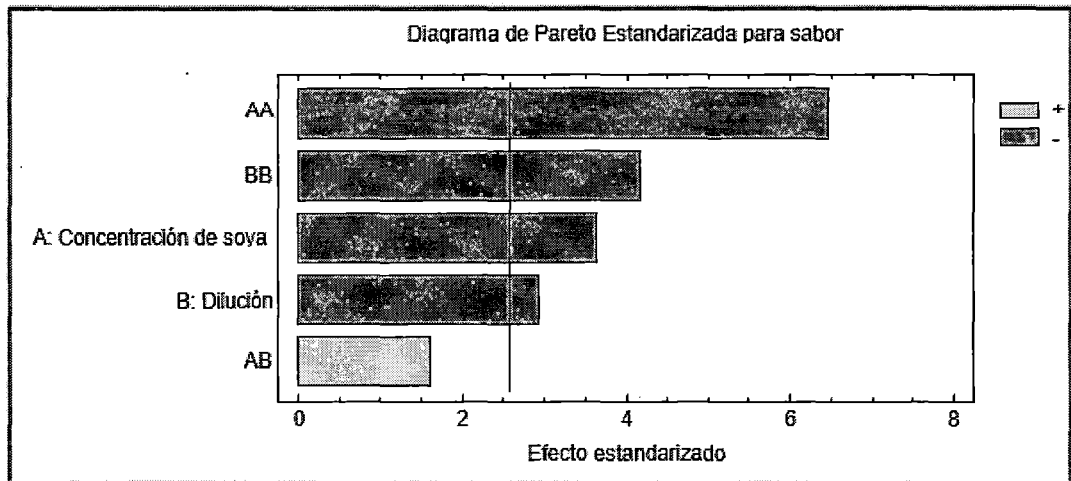


Figura 4.29: Diagrama de Pareto para el atributo sabor

Ahora determinamos la los coeficientes de regresión que se expresan en la tabla 4.16.

Tabla 4.20: Coeficientes de regresión para Sabor

Coeficiente	Estimado
Constante	-4,83993
A:Concentracion de Soya	0,232421
B:Dilución	11,8571
AA	-0.0118697
AB	0,0888817
BB	-4,80585

La ecuación de regresión del modelo ajustado a nuestros datos es:

$$\text{Sabor} = -4.83993 + 0.232421A + 11.8571B - 0.0118697A^2 + 0.0888817AB - 4.80585B^2$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Luego analizando la figura de efectos principales para sabor tenemos que la concentración de soya y la dilución influyen negativamente; de lo que comprobamos que a mayor contenido de soya y dilución hay menor contenido de pulpa de durazno que es la materia prima que brinda el sabor característico a nuestra bebida y por lo tanto se obtienen menores valores de sabor.

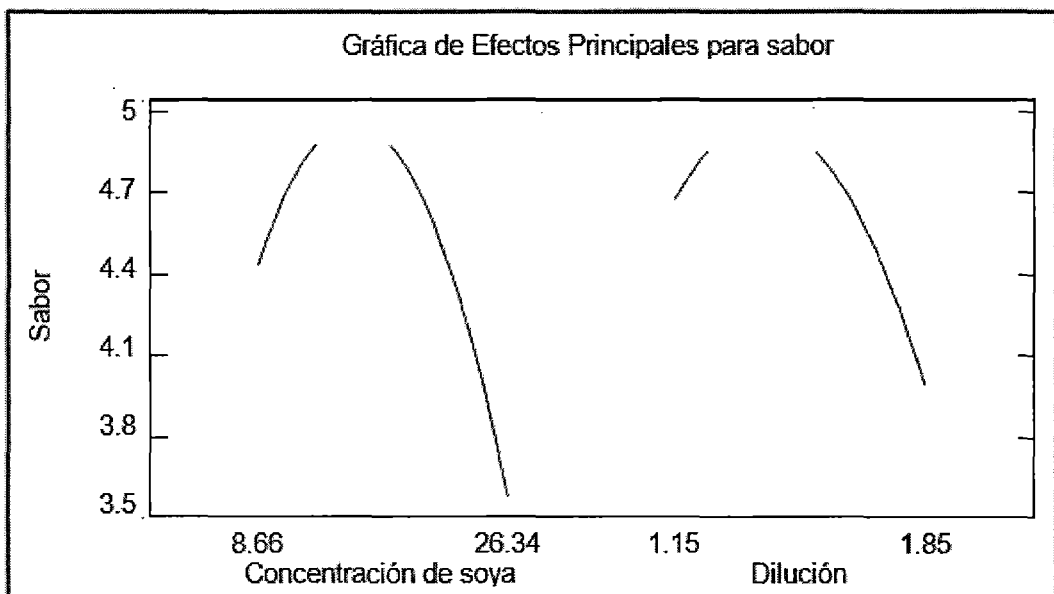


Figura 4.30: Efectos principales para el atributo sabor

Para una mejor interpretación, tenemos los siguientes gráficos:

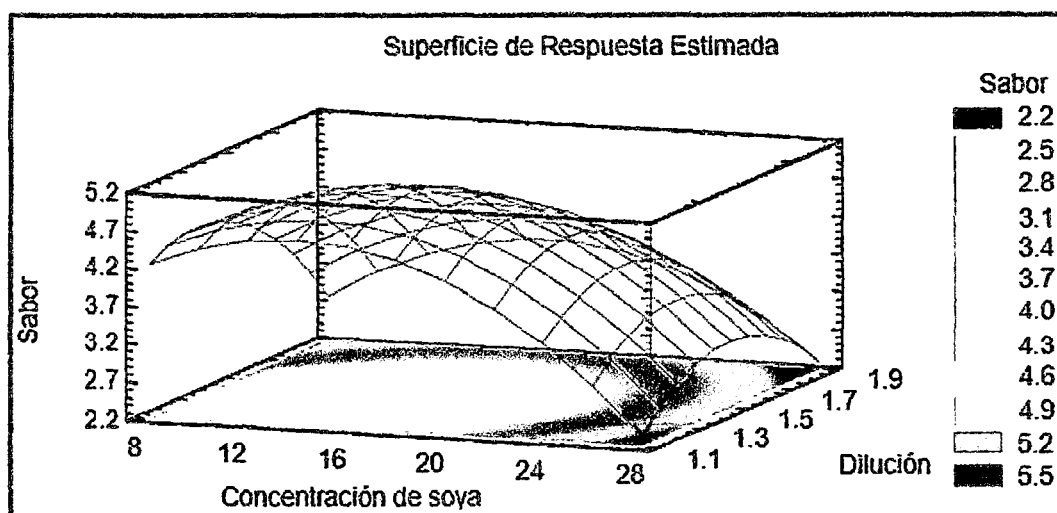


Figura 4.31: Superficie de respuesta estimada para sabor

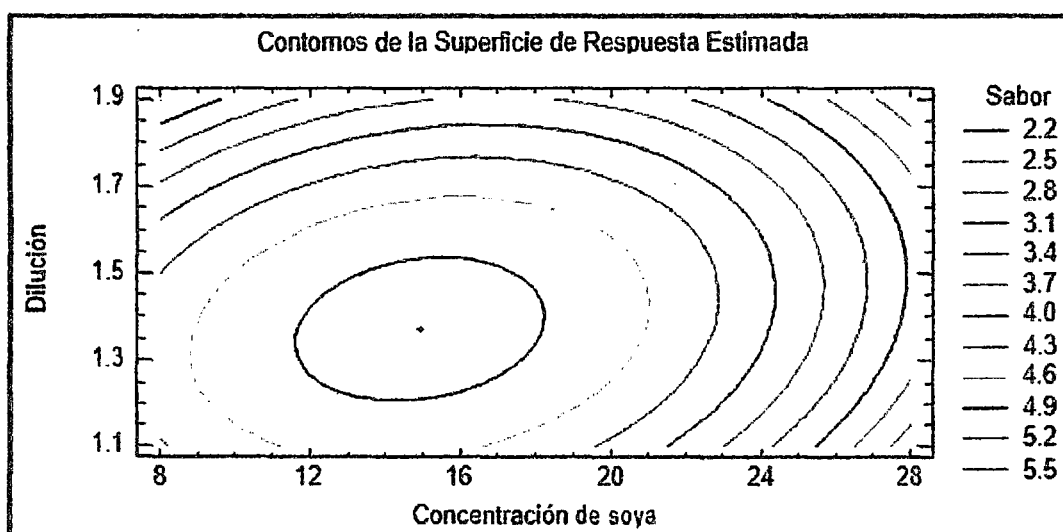


Figura 4.32: Contornos de la superficie de respuesta estimada para sabor

De los gráficos anteriores se obtiene la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el sabor sobre la región indicada, se obtiene valores óptimos de 14,92% para la concentración de soya y una dilución

1:1,37164, con estos valores se pretende alcanzar un sabor óptimo (sabor= 5,02641).

4.5.5. Aceptabilidad

El análisis de varianza (ANVA) para la aceptabilidad de la bebida baja en calorías a base de pulpa de durazno y extracto de estevia, se muestra en la tabla 4.17.

Tabla 4.17: Análisis de varianza para aceptabilidad

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Concentracion de Soya	3,12654	1	3,12654	40,47	0.0017
B:Dilución	1,41356	1	1,41356	18,30	0.0081
AA	5,1645	1	5,1645	66,85	0.0002
AB	0,0334	1	0,0334	0,43	0.6325
BB	2,39655	1	2,39655	31,02	0.0029
Error total	0,386258	5	0,07725		
Total (corr.)	10.86	10			

La tabla ANVA particiona la variabilidad de la aceptabilidad en piezas separadas para cada uno de los efectos. Por lo tanto prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica **96,89%** de la

variabilidad en la Aceptabilidad. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,28235.

Las significancias obtenidas en el análisis de varianza se verifican en el diagrama de Pareto (Figura 4.33) donde se aprecian influencias negativas de la variables concentración de soya, dilución y de la dobles interacciones de las mismas; sobre la variable respuesta aceptabilidad.

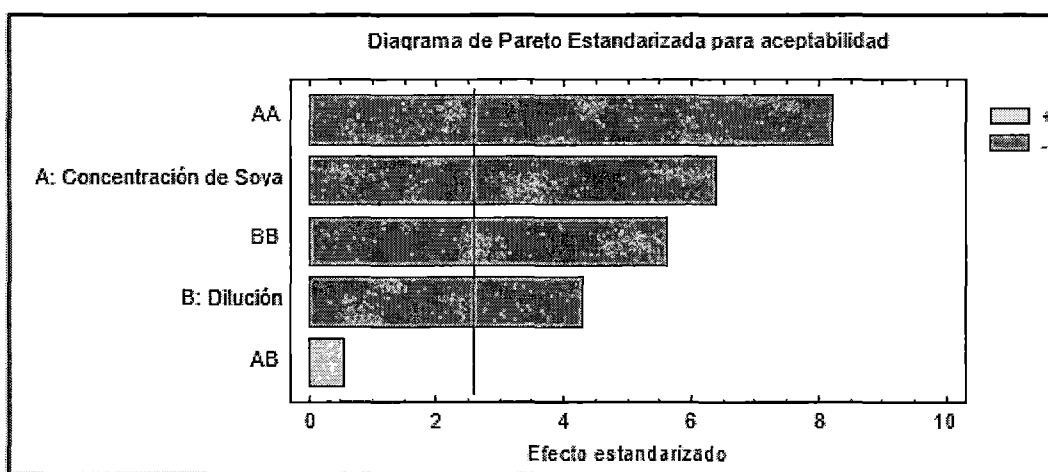


Figura 4.33: Diagrama de Pareto para aceptabilidad

Ahora determinamos los coeficientes de regresión que se expresan en la tabla 4.18.

Tabla 4.18: Coeficientes de regresión para aceptabilidad

Coeficiente	Estimado
Constante	-6.77242
A:Concentracion de Soya	0,320737
B:Dilución	14,0497
AA	-0.0122177
AB	0,0242405
BB	-5,22027

La ecuación de regresión del modelo ajustado a nuestros datos es:

$$\begin{aligned}
 \text{Aceptabilidad} = & -6.77242 + 0.320737A + 14.0497B - 0.0122177A^2 + \\
 & 0.0242405AB - 5.22027B^2
 \end{aligned}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Luego analizando el gráfico de efectos principales para aceptabilidad tenemos que la concentración de soya y la dilución influyen negativamente; de lo que comprobamos que a mayor contenido de soya y dilución hay menor contenido de pulpa de durazno que es la materia prima que brinda el olor, color y sabor característico a nuestra bebida y por lo tanto se obtienen menores valores de aceptación.

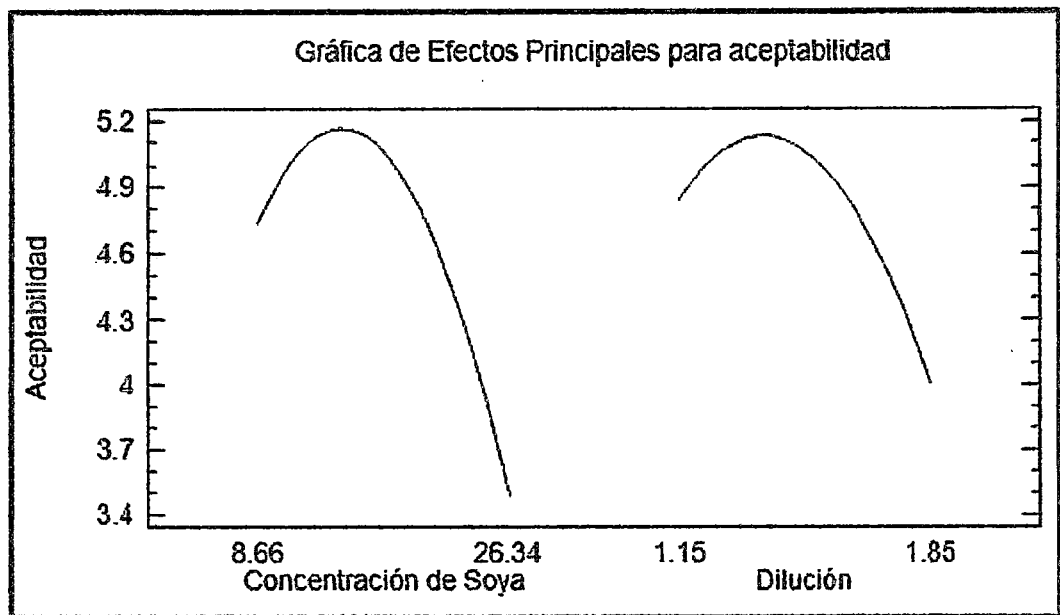


Figura 4.34: Efectos principales para Aceptabilidad

Para una mejor interpretación, tenemos los siguientes gráficos:

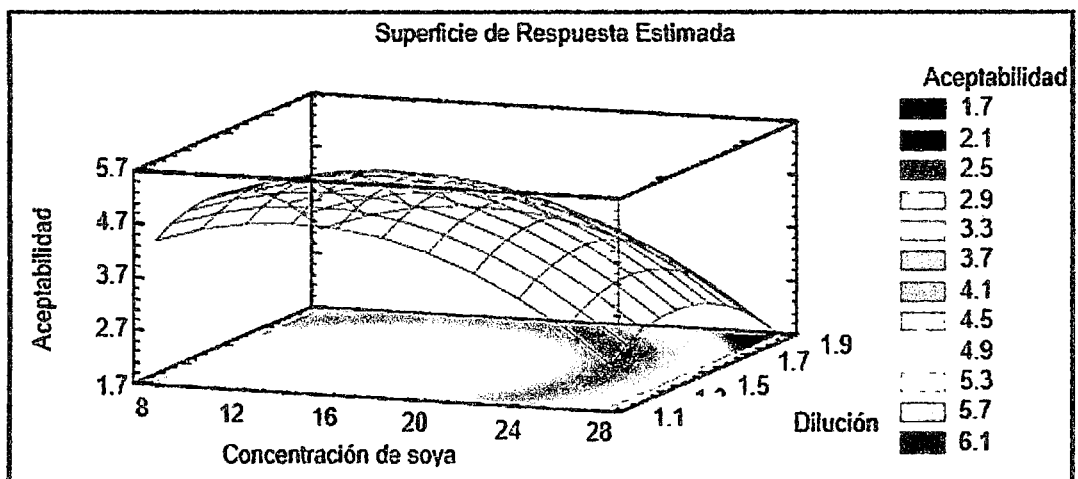


Figura 4.35: Superficie de respuesta estimada para Aceptabilidad

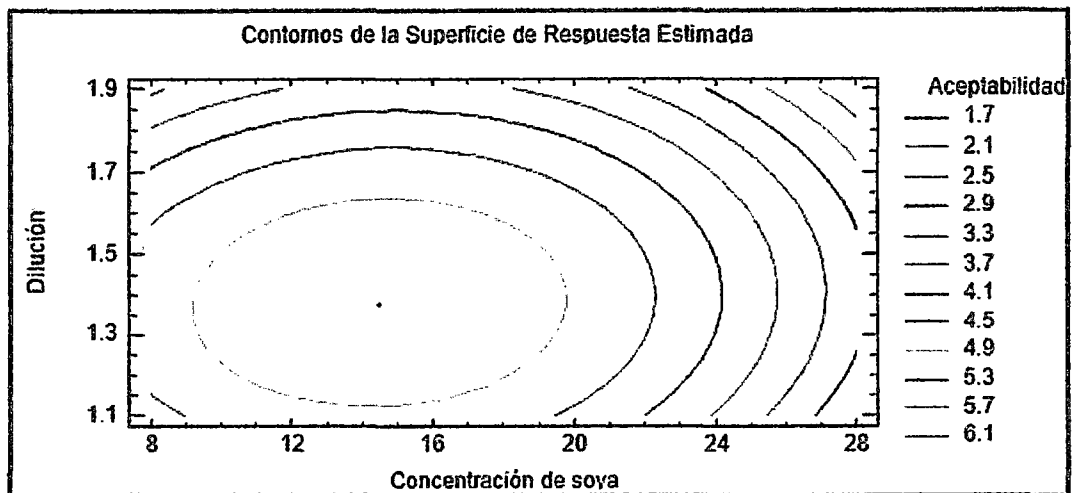


Figura 4.36: Contornos de la superficie de respuesta estimada para Aceptabilidad

De figuras anteriores se obtiene la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la aceptabilidad sobre la región indicada, se obtiene valores óptimos de **14,54 %** para la concentración de soya y una dilución **1:1,3843**, los cuales son los óptimos más representativos de todas las variables respuesta por considerar a la aceptabilidad como interacción entre olor, color y sabor; con estos valores se pretende alcanzar una aceptabilidad óptima (Aceptabilidad= 5,2523)

V. CONCLUSIONES

- 5.1 Las características fisicoquímicas de la pulpa de durazno (*Prunus pérsica*) son: rendimiento 74,46%, humedad $81.2 \pm 0.2\%$, cenizas $0.47 \pm 0.05\%$, proteína 0,89%, grasa 0,22%, °Brix $17,5 \pm 0.5$, acidez titulable (expresado como ácido cítrico) $0,32 \pm 0.03\%$, pH $4,5 \pm 0.3$.
- 5.2 Las características fisicoquímicas del extracto de soya son: rendimiento 6,085 litros de extracto de soya/Kg de soya en grano, humedad $88,1 \pm 0.4\%$, cenizas $0,51 \pm 0.09\%$, proteína 6,98%, grasa 1,60%, °Brix $10,4 \pm 0.2$, pH $6,6 \pm 0.1$.
- 5.3 El producto terminado tuvo un pH de 4,93 a 5,39 cercano al punto isoeléctrico de la proteína de soya, por lo que se evidenciaron partículas blanquecinas debido a la coagulación de la proteína. Además, las formulaciones con mayor contenido de pulpa de durazno, tuvieron un pH menor.
- 5.4 El producto final tuvo un porcentaje de proteína de 0,55% a 1,35%; que en promedio, es mayor que el contenido de productos similares actualmente en el mercado; además, con una porción de 300 ml del producto, se aporta hasta un 6,1% y 7,7% de proteínas en la dosis diaria recomendada para varones y mujeres, respectivamente.
- 5.5 En cuanto al valor energético del producto, se obtuvieron valores de 18,23 Kcal a 29,39 Kcal/100g de producto; que en promedio, es menor que el contenido calórico de productos similares actualmente en el mercado.

- 5.6 Existe una influencia negativa de las variables concentración de extracto de soya y dilución, sobre las variables respuesta olor, color y sabor, para maximizar estos atributos se obtuvieron valores óptimos de 14,79 % de concentración de extracto de soya y una dilución con agua de 1:1,39, para el olor; de 13,56% y 1:1,37 de dilución para el color y 14,92% con 1:1,37164 de dilución para el sabor.
- 5.7 Finalmente los valores óptimos para lograr una aceptabilidad máxima del producto son: 14,54% de concentración de extracto de soya y una dilución con agua de 1:1,3843

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Optimizar el contenido de estevia para minimizar su sabor característico, edulcorando el producto en combinación con sacarosa.
- 6.2 Evaluar la función estabilizante de otros productos como pectina.
- 6.3 Escalar nuestro proceso a nivel piloto y/o industrial.
- 6.4 Realizar estudios de solubilidad de proteína de soya utilizando proteasas para evitar la aparición de partículas en suspensión

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Achouri, A., J.I. Boye and Y. Zamani. 2007. Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. *Journal of Food Quality* 30(5): 731–744.
- Alvarado, J., 1996. Principios de ingeniería aplicados a alimentos (en línea). Secretaria general de la O.E.A. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Quito.
- A.O.A.C. (1984). Métodos modernos para el análisis químico.
- ACHOURI, A.; J.I. BOYE and Y. ZAMANI. (2007). Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. *Journal of Food Quality* 30(5):731–744.
- Alarcón, F. Herrera, J. 1984. Conserva de durazno - (trozos en almíbar). Tesis Univ. Agraria, La Molina, Lima Perú. .
- AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION INTERNATIONAL MARKETING. (2008). Soyfoods. La Soya, sus Productos y Aplicaciones. Guadalajara WorldTrade Center.
- ANZALDUA, A. (1994). Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza España. pp. 11 – 37; 67 – 77, p. 139.
- BADUI, S.; 1984. Química de los alimentos. Segunda reimpresión Editorial Alhambra-México.
- Brandle, J.E., A. Richman, A. Swanson y B. Chapman. 2002. Leaf ESTs from *Stevia rebaudiana*: a resource for gene discovery in diterpene synthesis. *Plant Mol. Biol.* 50, 613-622.

- Belitz, HD. & Grosch, W. Química de los Alimentos. Zaragoza: Ed. Acribia S.A., 1997; p: 861-922 (613 BEL).
- Calzada, J. 1980. 143 Frutales nativos. Lima – Perú. UNA.
- CHEFTEL, C.; CHEFTEL, H.; 2000. Introducción a la bioquímica y Tecnología de los alimentos. España, Acribia; Vol 1.
- CHILDS, J.L.; M.D. YATES and M.A. DRAKE. (2007). Sensory properties of meal replacement bars and beverages made from whey and soy proteins. *Journal of Food Science* 72(6): S425-S434.
- CHEFTEL J. C., CHEFTEL H. 2000. "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza – España
- COLLAZOS, C.; WHITE, P.; VINAS, T.; ALBISTUR, R.; URQUIRTA, R.; 1996. Composición de los Alimentos Peruanos. Séptima edición. Ministerio de salud/ Instituto Nacional de Nutrición.
- DE LUNA, A. (2006). Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- DESHPANDE, R.P.; M.S. CHINNAN and K.H. MCWATTERS. (2007). Optimization of a chocolate-flavored, peanut–soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. *LWT-Food Science And Technology* 41(8): 1485-1492.
- DOUBLIER, J.L.; C. GARNIER; D. RENARD and C. SANCHEZ. (2000). Protein-polysaccharide interactions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 5(3-4): 202-214.

- FENNEMA, O.; 1993. Química de los Alimentos. Segunda edición Editorial Acribia, S.A. Zaragoza- España.
- GAETANO Et al, (1993). "Procesamiento de Frutas y Hortalizas Durante Procesos Artesanales de Pequeña Escala". Editorial Oficina Regional de la FAO, Santiago – Chile.
- GODED, A. (1994). Industrias derivadas de la soya. Barcelona, España, Editorial Salvat S.A. 745 p.
- Gratacos, E. s.f. Fruticultura de hoja caduca. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso Chile. consultado el 22-11-2014 disponible en www.fruticultura/cultivode/durazno.
- HAMBRAEUS, L. (1982). Developments in dairy chemistry-1: Nutritional aspects of soy protein. Ed PF Fox. London AppliedScience Publishers.
- IBARZ R. A.; BARBOSA, C. (1999). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Technomic Publishing Company, Inc U.S.A. España.
- Jarma, A. 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Una revisión. Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 2(1), 109-120.
- LIU, K. 1999. Soybeans: chemistry, technology and utilization. New York: Chapman & Hall.
- LIU, X. and S.J. HERBERT. 1999. Fifteen years of research examining cultivation of continuous soybean in northeast China: A

- review. *Field Crops Research* 79(1): 1–7.
- MARTIN, A.H.; K. GROLLE; M.A. BOS; M.A. COHEN and T.V. VLIET. (2002). Network forming properties of various proteins adsorbed at the air/water interface in relation to foam stability. *Journal of Colloid and Interface Science* 254(1): 175 – 183.
 - Martínez, K.D., C. Carrera, R.H.V. Pizones, P.J.M. Rodríguez and A.M.R. Pilosof. 2007. Soy protein–polysaccharides interactions at the air–water interface. *Food Hydrocolloids* 21(5-6): 804 – 812.
 - MAZZA, G. 1998. Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza: Acribia.
 - MEYER Y PALTRINIERI. (1998). Elaboración de Frutas y Hortalizas. Manuales para Educación Agropecuaria. 1ª edición. TRILLAS. México D.F.
 - Midmore, D. J., Rank, A. H. 2007. A new rural industry-stevia-to replace imported chemical sweeteners. A Report for the Rural Industries Research and Development Cooperation, Australia, RIRDC Project No. UCQ-16A, 2002, pp. 1–3
 - N'KOUKA, K.D.; B.P. KLEIN and S.Y. LEE. (2004). Developing a lexicon for descriptive analysis of soymilks. *Journal of Food Science* 69 (7): S259- S263.
 - POTTER, R.M., M.P. DOUGHERTY, W.A. HALTEMAN and M.E. CAMIRE. (2007). Characteristics of wild blueberry–soy beverages. *LWT-Food Science And Technology* 40(5): 807–814.
 - Ramírez, J. 2006. Fundamento de reología en alimentos. Cali, Valle.

Colombia.

- Rigau, A. 1988. Cultivo del melocotonero. 3ed. Sintes S.A. Barcelona España
- RODRÍGUEZ, M.R.; C. CARRERA; V.P. RUIZ and J.M. RODRÍGUEZ. (2005). Milk and soy protein films at the air–water interface. *Food Hydrocolloids* 19(3): 417–428.
- ROESCH, R.R. and M. CORREDIG. (2002). Characterization of oil-in-water: emulsions prepared with commercial soy protein concentrate. *Journal of FoodScience* 67(8): 2837–2842.
- RUSSELL, T.A.; M.A. DRAKE and P.D. GERARD. (2006). Sensory properties of whey and soy proteins. *Journal of FoodScience* 71(6): S447-S455.
- SINGH, P.; R. KUMAR; S.N. SABAPATHY and A.S. BAWA. (2008). Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive reviews Food Science and Food Safety* 7: 14 – 28.
- SURATMAN, L.L.I.; I.J. JEON and K.A. SCHMIDT. (2004). Ability of cyclo dextran to entrap volatile beany flavour compounds in soymilk. *Journal of FoodScience* 69: FCT109–FCT113.
- Tamaro, D. 1974. Tratado de fruticultura. Ed. Gustavo Gill, Barcelona España.
- TOLSTOGUZOV, V.B. 2008. Protein–polysaccharide interactions. pp. 171– 256. In: S. Damodaran and A. Paraf (eds.). *Food proteins and their applications*. New York. 696 p.
- VIDAL, J. (2000). Comportamento Reológico da Polpa de Manga.

Sao Paul. Brasil.

- WANG, B.; Y.L. XIONG and C. WANG. (2001). Physicochemical and sensory characteristics of flavoured soymilk during refrigeration storage. *Journal Food Quality* 24(6): 513–526.
- ZARKADAS, C.G.; C. GAGNON; V. POYSA; S. KHANIZADEH; E.R. COBER; V. CHANG and S. GLEDDIE. 2007. Protein quality and identification of the storage protein subunits of Tofu and Null soybean genotypes, using amino acid analysis, one and two-dimensional gel electrophoresis, and tandem mass spectrometry. *Food Research International* 40(1): 111–128.

PAGINAS WEB

- <http://www.Consumer.es>
- <http://maxizip.com/2011/02/proteinas-y-leche-de-soja/> (Noviembre 2014).
- <http://www.engormix.com/cultivos-tropicales/articulos/manual-cultivo-stevia-yerba-t1337/078-p0.htm> (Enero 2015).
- <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/legumbres/derivados-de-legumbres/leche-de-soja.html> (Febrero 2015).
- <http://www.monografias.com/trabajos/exportacion-durazno/exportacion-durazno.shtml> (Febrero 2015).

ANEXOS

ANEXO 01

INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE BEBIDAS DE FRUTAS EN EL MERCADO

MUESTRA	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Kcal / 100g
Néctar Selva Mango	0.20	0.00	14.00	57.60
Néctar Hugo	0.33	0.00	10.83	45.83
Néctar Frugos Mango	0.00	0.00	10.42	41.67
Néctar Gloria Mango	0.00	0.00	13.75	55.00
Néctar Watt's Mango	0.00	0.10	12.90	53.00
Néctar Laive Mango	0.20	0.10	11.00	43.00
Leche de Soya Soale	2.90	1.50	6.70	52.00
Leche de Soya SoyVida	2.90	1.50	6.70	52.00
Leche de Soya Laive	2.25	1.50	6.50	46.82

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 02

FACTORES ESPECÍFICOS ATWATER PARA ALIMENTOS

	Proteína kcal/g (kJ/g) [§]	Grasa kcal/g (kJ/g) [§]	Carbohidrato total kcal/g (kJ/g) [§]
Huevos, productos cárnicos, productos lácteos:			
Huevos	4,36 (18,2)	9,02 (37,7)	3,68 (15,4)
Carne/pescado	4,27 (17,9)	9,02 (37,7)	
Leche/ productos lácteos	4,27 (17,9)	8,79 (36,8)	3,87 (16,2)
Grasas y aceites:			
Mantequilla	4,27 (17,9)	8,79 (36,8)	3,87 (16,2)
Margarina, vegetal	4,27 (17,9)	8,84 (37,0)	3,87 (16,2)
Otras grasas y aceites vegetales	--	8,84 (37,0)	--
Frutas:			
Todas, excepto limones y limas	3,36 (14,1)	8,37 (35,0)	3,60 (15,1)
Jugo de fruta, excepto limón y lima*	3,36 (14,1)	8,37 (35,0)	3,92 (16,4)
Limón, limas	3,36 (14,1)	8,37 (35,0)	2,48 (10,4)
Jugo de limón, jugo de lima [#]	3,36 (14,1)	8,37 (35,0)	2,70 (11,3)
Cereales y productos:			
Cebada, perlada	3,55 (14,9)	8,37 (35,0)	3,95 (16,5)
Harina de Maíz, integral	2,73 (11,4)	8,37 (35,0)	4,03 (16,9)
Fideos, macarrones, espagueti	3,91 (16,4)	8,37 (35,0)	4,12 (17,2)
Avena y harina de avena	3,46 (14,5)	8,37 (35,0)	4,12 (17,2)
Arroz integral	3,41 (14,3)	8,37 (35,0)	4,12 (17,2)
Arroz blanco o pulido	3,82 (16,0)	8,37 (35,0)	4,16 (17,4)
Centeno, harina integral	3,05 (12,8)	8,37 (35,0)	3,86 (16,2)
Centeno, harina ligera	3,41 (14,3)	8,37 (35,0)	4,07 (17,0)
Sorgo, harina integral	0,91 (3,8)	8,37 (35,0)	4,03 (16,9)
Trigo, 97 - 100 % extracción	3,59 (15,0)	8,37 (35,0)	3,78 (15,8)
Trigo, 70 - 74 % extracción	4,05 (17,0)	8,37 (35,0)	4,12 (17,2)
Otros cereales - refinados	3,87 (16,2)	8,37 (35,0)	4,12 (17,2)
Leguminosas, nueces:			
Frijoles maduros secos, arvejas, nueces	3,47 (14,5)	8,37 (35,0)	4,07 (17,0)
Soya	3,47 (14,5)	8,37 (35,0)	4,07 (17,0)
Vegetales:			
Papas, almidón de raíces	2,78 (11,6)	8,37 (35,0)	4,03 (16,9)
Otras raíces y tubérculos	2,78 (11,6)	8,37 (35,0)	3,84 (16,1)
Otros vegetales	2,44 (10,2)	8,37 (35,0)	3,57 (14,9)

Fuente: **Food and Agriculture Organization**. Food energy - methods of analysis and conversion factors. Rome: FAO; 2002. Report of Technical Workshop, Food and N

* El factor de carbohidrato para sesos, corazón, riñón e hígado es 3,87 kcal/g y 4,11 kcal/g para lengua, crustáceos y mariscos.

[#] Sin endulzar

[§] Los datos entre paréntesis indican la energía expresada en kilojoules.

ANEXO 03

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE BEBIDA BAJA EN CALORÍAS DE PULPA DE DURAZNO Y EXTRACTO DE SOYA

Nombres y Apellidos : _____

Fecha : _____

Sexo : Femenino Masculino

INSTRUCCIONES: Pruebe cada muestra y marque con una "x" sólo una de las alternativas de puntuación para describir cada característica de calidad según la escala hedónica.

MUESTRA	OLOR							COLOR							SABOR							La mejor			
	Puntuación							Puntuación							Puntuación										
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									

ESCALA HEDÓNICA

DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
Me gusta extremadamente	7
Me gusta mucho	6
Me gusta	5
No me gusta ni me desagrada	4
Me desagrada	3
Me desagrada mucho	2
Me desagrada extremadamente	1

OBSERVACIONES (*): _____

(*)Opcional. Haga sus apreciaciones breves acerca de cada una de las propiedades sensoriales que evalúa.

ANEXO 04

MODELOS REOLÓGICOS PARA ALIMENTOS VISCOSOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

Model (Source)	Equation
Casson (Casson, 1959)	$\sigma^{0.5} = (\sigma_0)^{0.5} + K_1(\dot{\gamma})^{0.5}$
Modified Casson (Mizrahi and Berk, 1972)	$\sigma^{0.5} = (\sigma_0)^{0.5} + K_1(\dot{\gamma})^{n_1}$
Ellis (Ellis, 1927)	$\dot{\gamma} = K_1\sigma + K_2(\sigma)^{n_1}$
Generalized Herschel-Bulkley (Ofoli et al., 1987)	$\sigma^{n_1} = (\sigma_0)^{n_1} + K_1(\dot{\gamma})^{n_2}$
Vocadlo (Parzonka and Vocadlo, 1968)	$\sigma = \left((\sigma_0)^{1/n_1} + K_1\dot{\gamma} \right)^{n_1}$
Power Series (Whorlow, 1992)	$\dot{\gamma} = K_1\sigma + K_2(\sigma)^3 + K_3(\sigma)^5 \dots$ $\sigma = K_1\dot{\gamma} + K_2(\dot{\gamma})^3 + K_3(\dot{\gamma})^5 \dots$
Carreau (Carreau, 1968)	$\eta = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) \left[1 + (K_1\dot{\gamma})^2 \right]^{(n-1)/2}$
Cross (Cross, 1965)	$\eta = \eta_\infty + \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + K_1(\dot{\gamma})^n}$
Van Wazer (Van Wazer, 1963)	$\eta = \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + K_1\dot{\gamma} + K_2(\dot{\gamma})^{n_1}} + \eta_\infty$
Powell-Eyring (Powell and Eyring, 1944)	$\sigma = K_1\dot{\gamma} + \left(\frac{1}{K_2} \right) \sinh^{-1}(K_3\dot{\gamma})$
Reiner-Philippoff (Philippoff, 1935)	$\sigma = \left(\eta_\infty + \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + ((\sigma)^2/K_1)} \right) \dot{\gamma}$

K_1, K_2, K_3 and n_1, n_2 are arbitrary constants and power indices, respectively, determined from experimental data.

Fuente: Ramírez (2006)

