

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS
Y SENSORIALES DE UNA BEBIDA CARBONATADA
ELABORADA A BASE DE JUGO DE GRANADA
(*Punica granatum* L.) VARIEDAD WONDERFUL

TESIS

Presentada por:

Bach. MARÍA ELENA TALASE VICENTE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

**Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales
de una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de
granada (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful**

Sustentada y aprobada el miércoles 26 de abril del 2017 siendo el jurado calificador

Jurados:

Presidente : 
MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

Secretario : 
Dra. LILIANA DEL CARMEN LANCHIPA BERGAMINI

Vocal : 
MSc. ROLANDO CÉSPEDES ROSSEL

ASESOR : 
MSc. SAMUEL ROMÁN CERRO RUIZ

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, que gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional.

A mis queridos padres Sr. Santos Talase C. y Sra. Teófila Vicente porque en todo momento ellos estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional y consejos para hacer de mí una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

En especial a las siguientes personas:

Al asesor MSc. Samuel Román Cerro Ruiz por su apoyo, consejos y compromiso con la presente tesis.

Al Ing. Leonardo Espillico C. por su apoyo en el laboratorio de la ESIA.

Al Sr. Guillermo Salazar por su apoyo en el laboratorio de análisis de alimentos.

Al Ing. Jaime Alvarado por su apoyo con el instrumento medidor de volumen de CO₂.

Al Lic. Edu Vicente Marcos Vargas por su compromiso y apoyo con el equipo gasificador.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	5
1.3 Delimitación de la investigación	5
1.4 Justificación	6
1.5 Limitaciones	7
1.6 Objetivos.....	7
CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	8
2.1 Hipótesis general y específicas	8
2.2 Diagrama de variables	9
2.3 Indicadores de las variables	9
2.4 Operacionalización de las variables	10
CAPÍTULO III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
3.1 Conceptos generales y definiciones	12

3.1.1	Bebida carbonatada	12
3.1.2	Unidades físicas de concentración	13
3.2	Enfoques teóricos técnicos	14
3.2.1	La granada (<i>Punica granatum</i> L.)	14
3.2.2	Extractos de granada	17
3.2.3	Producción y exportación del granado en el Perú	18
3.2.4	Los polifenoles	19
3.2.5	El agua.....	21
3.2.6	Dióxido de carbono	21
3.2.7	Edulcorantes	22
3.2.8	Características sensoriales de los alimentos	23
3.2.9	Métodos de evaluación sensorial	24
3.2.10	Pruebas de aceptabilidad.....	26
3.2.11	La metodología de superficies de respuesta (MSR)	27
3.2.12	La optimización de múltiples respuestas	32
3.3	Marco referencial	34
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		37

4.1	Material	37
4.1.1	Tipo de investigación.....	37
4.1.2	Población y muestra.....	37
4.2	Materiales y métodos	39
4.2.1	Materiales y equipos	39
4.2.2	Método procedimental.....	40
CAPÍTULO V. TRATAMIENTO DE RESULTADOS		46
5.1	Técnicas aplicadas en la recolección de la información	46
5.1.1	Métodos analíticos	46
5.1.2	Métodos estadísticos.....	47
5.2	Resultados de la materia prima.....	49
5.3	Resultados del análisis de las características fisicoquímicas	50
5.3.1	Sólidos solubles	51
5.3.2	pH	55
5.3.3	Acidez	59
5.3.4	Polifenoles solubles totales	63
5.3.5	Volumen de dióxido de carbono (CO ₂)	67
5.4	Resultados de las características sensoriales	71

5.4.1	Aceptabilidad del color	72
5.4.2	Aceptabilidad del olor	76
5.4.3	Aceptabilidad del sabor	80
5.4.4	Aceptabilidad de la apariencia.....	84
5.5	Optimización	88
5.6	Discusiones.....	91
CONCLUSIONES		95
RECOMENDACIONES.....		96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		97
ANEXOS.....		104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de variables en el proceso de elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada	9
Figura 2. Partes del granado, a) hojas, b) flores, c) fruto, d) corte longitudinal del fruto, e) arilo, f) cortes longitudinal y transversal del arilo.	15
Figura 3. Partes de la granada.....	16
Figura 4. Producción de granadas en el Perú en el año 2014.....	19
Figura 5. Clasificación de los métodos de evaluación sensorial.....	25
Figura 6. Formas de superficies de respuesta de segundo orden.....	30
Figura 7. El óptimo simultáneo (global) es una solución de compromiso	33
Figura 8. Diseño de investigación experimental.....	41
Figura 9. Granadas variedad wonderful	42
Figura 10. Arilos de la granada	43
Figura 11. Muestras refrigeradas previas al proceso de carbonatación	44
Figura 12. Sistema de carbonatación.....	44
Figura 13. Medición de la presión y temperatura para el cálculo del volumen de anhídrido carbónico.....	45

Figura 14. Medición la absorbancia en la determinación de compuestos fenólicos.....	45
Figura 15. Diagrama de Pareto estandarizada para los sólidos solubles.....	52
Figura 16. Curvas de nivel estimadas para los sólidos solubles al nivel constante de 3 atm de presión	53
Figura 17. Curvas de nivel estimadas para los sólidos solubles al nivel constante de 11 % de jarabe.....	54
Figura 18. Diagrama de Pareto estandarizada para el pH	56
Figura 19. Curvas de nivel estimadas para el pH al nivel constante de 3 atm de presión.	57
Figura 20. Curvas de nivel estimadas para el pH final de la bebida carbonatada nivel constante de 11 % de jarabe.....	58
Figura 21. Diagrama de Pareto estandarizada para la acidez.....	60
Figura 22. Curvas de nivel estimadas para la acidez al nivel constante de 3 atm de presión	61
Figura 23. Curvas de nivel estimadas para la acidez de la bebida carbonatada nivel constante de 11 % de jarabe.....	62
Figura 24. Diagrama de Pareto estandarizada para el contenido de polifenoles.....	64

Figura 25. Curvas de nivel estimadas para el contenido de polifenoles solubles al nivel constante de 3 atm de presión	65
Figura 26. Curvas de nivel estimadas para los polifenoles solubles de la bebida carbonatada a nivel constante de 11 % de jarabe	66
Figura 27. Diagrama de Pareto estandarizada para el volumen del dióxido de carbono	68
Figura 28. Curvas de nivel estimadas para el volumen del dióxido de carbono al nivel constante de 3 atm de presión	69
Figura 29. Curvas de nivel estimadas para los polifenoles solubles de la bebida carbonatada a nivel constante de 11 % de jarabe ...	70
Figura 30. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del color	73
Figura 31. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del color al nivel constante de 3 atm de presión	74
Figura 32. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del color al nivel constante de 11 % de jarabe	75
Figura 33. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del olor	77
Figura 34. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del olor, a nivel constante de 3 atm de presión de CO ₂	78

Figura 35. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del olor al nivel constante de 11 % de jarabe	79
Figura 36. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del sabor	81
Figura 37. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del sabor, al nivel constante de 3 atm de presión de CO ₂	82
Figura 38. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del sabor al nivel constante de 11 % de jarabe	83
Figura 39. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad de la apariencia	85
Figura 40. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad de la apariencia al nivel constante de 3 atm de presión de CO ₂	86
Figura 41. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad de la apariencia al nivel constante de 11 % de jarabe	87
Figura 42. Optimización de variables (Desirability) para la bebida carbonatada	88
Figura 43. Curvas de nivel para la solución óptima en la elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada	89
Figura 44. Flujo definitivo en la elaboración de la bebida carbonatada optimizada	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes y dependientes	11
Tabla 2. Composición nutricional del arilo de granada (100 g parte comestible)	16
Tabla 3. Clasificación de los polifenoles y ejemplos	20
Tabla 4. Diseño de box-behnken para 3 factores.....	32
Tabla 5. Niveles de estudio de la variable independiente	38
Tabla 6. Tratamientos según diseño Box-Benhken para el estudio de la bebida carbonatada a base de jugo de granada.....	38
Tabla 7. Composición nutricional de la materia prima (jugo).....	49
Tabla 8. Análisis de las características fisicoquímicas de la bebida carbonatada a base de jugo de granada	50
Tabla 9. Análisis de las características sensoriales a través de la prueba de aceptabilidad hedónica de la bebida a base de jugo de granada	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	104
Anexo 2. Requisitos microbiológicos y fisicoquímicos de bebidas no alcohólicas	105
Anexo 3. Análisis estadístico de los sólidos solubles	106
Anexo 4. Análisis estadístico del pH	107
Anexo 5. Análisis estadístico de la acidez	108
Anexo 6. Análisis estadístico del contenido de polifenoles.....	109
Anexo 7. Análisis estadístico del volumen de CO ₂	110
Anexo 8. Análisis estadístico del color	111
Anexo 9. Análisis estadístico del olor	112
Anexo 10. Análisis estadístico del sabor	113
Anexo 11. Análisis estadístico de la apariencia	114
Anexo 12. Tabla de determinación de porcentaje de volumen de CO ₂ en gaseosas	115
Anexo 13. Ficha de cata hedónica estructurada	116
Anexo 14. Requisitos estadísticos recomendados en los análisis de superficie de respuesta	117
Anexo 15. Rendimiento de la bebida de jugo de granada gasificada óptima	118

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue determinar las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful. Para las tres variables independientes (jugo de granada, jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂) se eligió el diseño de Box-Benhken. Aplicando la metodología de superficie de respuesta se determinaron modelos para explicar el efecto de las variables independientes sobre las características del producto final como el pH donde no resultaron significativos (p valor >0,05), si fueron significativos sobre los sólidos solubles, volumen de CO₂, polifenoles solubles y acidez de la bebida gasificada. También resultaron significativos (p valor <0,05) sobre la aceptabilidad del color, olor, sabor y la apariencia. La optimización múltiple determinó que los parámetros son: jugo de granada 42,5 % v/v; jarabe de azúcar 12,5 % v/v y presión de carbonatación de 2 atm, con niveles óptimos de aceptabilidad sensorial: color 6,92; olor 6,73; sabor 6,79; apariencia 6,98 y características fisicoquímicas: sólidos solubles 21,46 °Bx; pH 3,54; volumen CO₂ 2,32 % v/v; polifenoles solubles 665,65 mg/L; acidez 0,126 % p/v, con un rendimiento del 70 % v/p.

Palabras clave: Bebida carbonatada, diseño Box-Benhken optimización múltiple.

ABSTRACT

The objective of the thesis was to determine the physicochemical and sensorial characteristics of a carbonated drink made with pomegranate juice (*Punica granatum* L.) Wonderful variety. For the three independent variables (pomegranate juice, sugar syrup and CO₂ gasification pressure) the Box-Benhken design was chosen. Applying the response surface methodology, models were determined to explain the effect of the independent variables on the characteristics of the final product, such as the pH where they were not significant (p value >0,05), if they were significant on the soluble solids, volume of CO₂, soluble polyphenols and acidity of the aerated beverage. They were also significant (p value <0,05) on the acceptability of color, odor, taste and appearance. The multiple optimization determined that the parameters are: pomegranate juice 42,5% v/v; Sugar syrup 12,5% v/v and carbonation pressure of 2 atm, with optimal levels of sensorial acceptability: color 6,92; odor 6,73; taste 6,79; appearance: 6.98; and physicochemical characteristics: soluble solids 21,46 °Bx; pH 3,54; CO₂ volume 2,32% v/v; Soluble polyphenols 665,65 mg/L; Acidity 0,126% w/v, with a yield of 70% v/w.

Keywords: Carbonated drink, Box-Benhken multiple optimization design.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas frescas tienen un importante valor tanto económico como nutricional. Son consideradas los mejores transportadores de vitaminas, minerales, fibra dietaria, antioxidantes, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de diferentes enfermedades como las cardiovasculares el cáncer entre otras (MINSA, 2011).

El consumo de granada en el país es incipiente, generalmente en fresco, desgranando manualmente el fruto y consumiendo sólo los arilos. Sin embargo, existen varios estudios que indican que la cáscara y el albedo de la granada presentan una gran cantidad de compuestos fenólicos, específicamente taninos hidrolizables, los cuales presentan diversas propiedades benéficas. Es por ello que los extractos elaborados a partir del fruto entero, es decir, en los que se incluyen además de los arilos, la cáscara y el albedo, presentan un mayor contenido de fenoles solubles totales, flavonoides y taninos hidrolizables, así como una mayor capacidad antioxidante (Rinaldi y col., 2013).

La granada es una fruta que contiene compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides (principalmente antocianinas), además los arilos de granada son una fuente importante de ácidos grasos insaturados como linoleico, linolénico, púnico, oleico, esteárico y palmítico que contribuyen a mantener un buen estado de salud, por tal motivo el fruto está considerado como un alimento funcional ya que sus componentes no solo son nutrientes sino que también afectan de manera positiva en la salud del consumidor (Carbonel y Sánchez, 2012).

En el mercado nacional la comercialización de bebidas gaseosas tiene una alta acogida, sin embargo las empresas de bebidas gaseosas que dominan el mercado se limita a ofertar productos elaborados a base de saborizantes y colorantes, es decir hay una gran oferta de las denominadas "colas"; dejando insatisfecho al consumidor que busca un producto carbonatado pero con apariencia y sabor menos artificial.

Sin embargo, el diseño de una bebida novedosa a base de granada, podría ayudar a promover la utilización de la fruta, incrementar el consumo y a su vez, la demanda de la granada como fruta fresca para añadirle el respectivo valor agregado como producto final.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el Perú, el despegue de las exportaciones de granada ha motivado la ampliación de las áreas de cultivos destinadas a esta fruta, por lo que es importante seguir por ese camino. Sin embargo, también es posible la diversificación de las exportaciones de granada, en distintas formas de presentación y con mayor valor agregado: en arilos o granos, concentrados en latas, o incorporado como refuerzo en té filtrantes y otras bebidas funcionales (PROEXPANCIÓN, 2014).

El término de “valor agregado” en alimentos y bebidas, nos referimos a la transformación que sufre un producto para adecuarlo a los gustos y necesidades de los compradores, sean estos clientes industriales o consumidores finales. Las bebidas con valor agregado no son algo nuevo, han estado en el mercado desde ya hace varios años; sin embargo cada vez más se buscan atributos diferentes y únicos para poder ser diferenciados y aceptados en el mercado. Esto es un gran reto para las compañías, ya que se tiene que hacer un análisis muy detallado

para decidir que atributo se le va a dar a la bebida para ser diferenciada y aceptada en el mercado según Montes De Oca (2010).

Asimismo los compuestos fenólicos son comúnmente hallados en plantas comestibles y no comestibles, constituyendo una fracción muy compleja formada por un número muy grande de compuestos. Además en los últimos años, un gran número de investigaciones científicas han descrito las propiedades de los compuestos fenólicos, entre las que destacan la capacidad de actuar como conservantes de alimentos, tener un papel importante en la protección contra una serie de alteraciones patológicas, como la arterosclerosis, disfunción cerebral y cáncer indica Pinelo et al. (2006).

Es en este entorno de nuevas perspectivas por parte del consumidor que se propone el desarrollo de una bebida a base de jugo de granada carbonatada y estudiar sus características sensoriales a través de su aceptabilidad sensorial y características fisicoquímicas como ser su contenido en polifenoles, que son compuestos muy importantes a la salud por sus propiedades antioxidantes.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y sensoriales más importantes en una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful?

Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ sobre las características fisicoquímicas?
- ¿Cuál será el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ sobre las características sensoriales?
- ¿Cuáles son los parámetros de la bebida carbonatada de granada optimizada y composición proximal?

1.3 Delimitación de la investigación

- a) Delimitación temporal: La realización de la investigación abarcó el periodo de 12 meses.
- b) Delimitación espacial: Para el estudio se utilizó frutos provenientes del campo experimental de la Municipalidad distrital de ITE.

- c) Delimitación teórica: El estudio se centró en evaluar el efecto de las variables jugo de fruta, presión de llenado y jarabe sobre contenido en polifenoles de la bebida carbonatada y su aceptabilidad sensorial.

1.4 Justificación

En la región Tacna, la elaboración formal de productos (néctares o mermeladas) a base de jugos de frutas de la región no existe, y más aún en lo que a la granada se refiere, como tampoco existe un registro oficial de producción de la principal variedad que es criolla. Sin embargo en Municipalidad Distrital de ITE (2016) existe el proyecto “Mejoramiento de capacidades productivas para el desarrollo de los cultivos de granado y quinua” donde se produjo en una hectárea. Se tiene 5 mil plantones y el interés de 25 productores para su cultivo, se proyecta 10 Has. en este año 2016. Es decir hay ya hay un interés por desarrollar la producción de granada en la región Tacna pero de manera intensiva. Y por ello la importancia de proponer parámetros para la elaboración de una bebida carbonatada a base de jugo de granada, resaltando sus cualidades sensoriales y características fisicoquímicas en especial los compuestos fenólicos, que son compuestos relacionados con la capacidad antioxidante.

1.5 Limitaciones

Existen limitaciones de equipo necesario para identificar y cuantificar los diferentes compuestos fenólicos tanto de la materia prima como del producto final, por ello se cuantificará únicamente como compuesto fenólicos solubles totales.

1.6 Objetivos

Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ sobre las características fisicoquímicas.
- Establecer el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ sobre las características sensoriales.
- Estimar los parámetros de elaboración de la bebida carbonatada de granada optimizada y composición fisicoquímica.

CAPÍTULO II.

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis

Hipótesis general

El jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful, el jarabe de azúcar y la presión de gasificado del CO₂ influirán sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida carbonatada.

Hipótesis específicas

- El porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ influirán sobre las características físico-químicas.

- El porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO₂ influirán sobre las características sensoriales.

- Es posible establecer parámetros óptimos de la bebida carbonatada de granada optimizada y su composición fisicoquímica.

2.2 Diagrama de variables

La Figura 1 muestra la relación de las variables de entrada (independientes) con las variables de salida (dependientes) en el estudio del proceso de elaboración de la bebida carbonatada y su relación causa y efecto a evaluar.

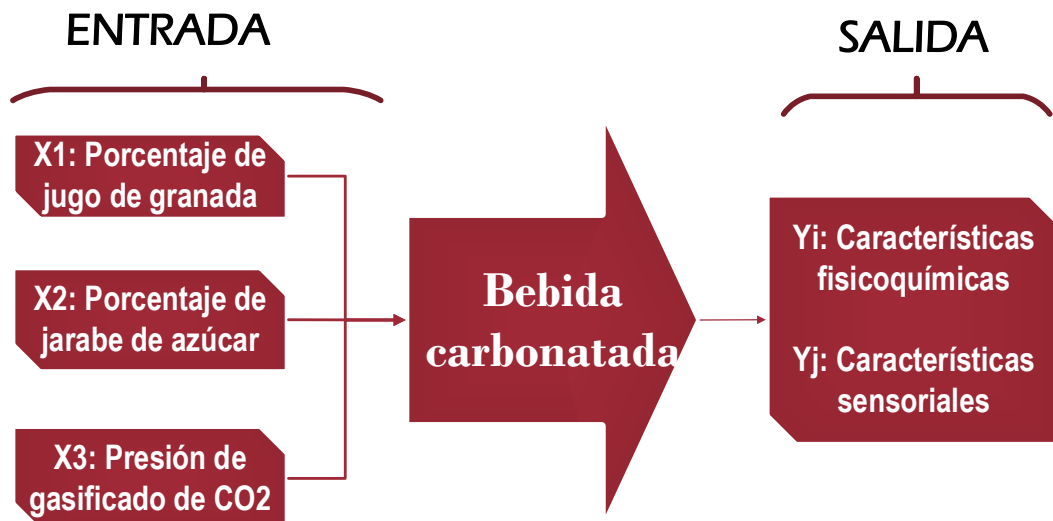


Figura 1. Diagrama de variables en el proceso de elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada
Fuente: Elaboración propia (2017)

2.3 Indicadores de las variables

- a) Variables independientes
 - Porcentaje de jugo de granada
 - Porcentaje de jarabe de azúcar
 - Presión de gasificado de CO₂

b) Variables dependientes

– Características fisicoquímicas

- Grados brix
- pH
- Acidez
- Compuestos fenólicos solubles
- Volumen de CO₂

– Características sensoriales

- Aceptabilidad del color
- Aceptabilidad del olor
- Aceptabilidad del sabor
- Aceptabilidad del aspecto general

2.4 Operacionalización de las variables

La Tabla 1 establece las unidades con las cuales serán operacionalizadas las variables en estudio así como los instrumentos utilizados para la medición de los mismos.

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes y dependientes

Variables	Indicadores	Unidad	Instrumento de medición
Independientes			
Bebida carbonatada	- Porcentaje de jugo de granada	% v/v	Probeta
	- Porcentaje de jarabe de azúcar	% v/v	Probeta
	- Presión CO ₂	Atm	Manómetro
Dependientes			
Características fisicoquímicas	- Concentración de sólidos solubles	°Bx	Refractómetro
	- pH	---	Potenciómetro
	- Acidez	% ácido cítrico	Equipo volumétrico
	- Concentración de compuestos fenólicos solubles totales	mg/L	Espectrofotómetro
	- Volumen de CO ₂	% v/v	Manómetro, termómetro y carta de volumen CO ₂
Características sensoriales	- Aceptabilidad del color - Aceptabilidad del olor - Aceptabilidad del sabor - Aceptabilidad de la apariencia	--	Escala hedónica estructurada

Fuente: Elaboración propia (2017)

CAPÍTULO III.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Conceptos generales y definiciones

3.1.1 Bebida carbonatada

- Según la Norma Técnica Peruana - NTP 214.001. (INDECOPI, 2012), bebida gasificada jarabeada (bebida carbonatada): es el producto obtenido por disolución de edulcorantes nutritivos y dióxido de carbono en agua potable tratada, pudiendo estar adicionado de saborizantes naturales y/o artificiales, jugos de frutas, acidulantes, conservadores, emulsionantes y estabilizantes, antioxidantes, colorantes, amortiguadores, agentes de enturbiamiento, antiespumantes y espumantes u otros aditivos alimentarios permitidos por la autoridad sanitaria.
- Se entiende por bebida gaseosa o carbonatada, "toda bebida no alcohólica, no fermentada, elaborada por disolución de gas carbónico (CO₂) en agua tratada, lista para el consumo humano directo, con adición o no de edulcorantes naturales, artificiales o ambos, jugos de frutas, concentrados de frutas y aditivos permitidos por la legislación nacional vigente o en su defecto por el Codex Alimentarius (Norma Técnica NTC Colombiana 2740).

3.1.2 Unidades físicas de concentración

Según Valenzuela (1995) la concentración de una disolución se expresa en tanto por uno o en tanto por ciento, sin indicar si es en peso o en volumen, siempre es «en peso»; cuando es en volumen se indica explícitamente.

- Gramos por litro: Indica el número de gramos de soluto que hay en un litro de disolución (no de disolvente). Dado que los líquidos se dilatan apreciablemente con la temperatura, se comprende fácilmente que la concentración, expresada en gramos por litro, de una misma disolución, varía débilmente conforme lo hace la temperatura.
- Tanto por uno o por ciento en peso: Expresa, respectivamente, la cantidad de soluto, en peso, que hay en una o en cien partes de disolución (no de disolvente). Dado que la masa es independiente de la temperatura, la concentración así expresada, de una disolución, no varía con la temperatura (Valenzuela (1995)).
- Tanto por uno o por ciento en volumen: Indica, respectivamente, el volumen de soluto que hay en uno o en cien volúmenes de

disolución. Al igual que en el primer caso el valor numérico de la concentración así expresada depende de la temperatura.

La concentración es una medida de la cantidad de una sustancia contenida en un volumen unidad. Puede expresarse como peso por unidad de peso o como peso por unidad de volumen, siendo habitual en el primer caso que la concentración se exprese en % en peso. Así expresado, un alimento con un 20 % de grasa contiene 20 g de grasa por cada 100 g de alimento. También puede expresarse como masa por unidad de volumen; por ejemplo, masa de soluto disuelto por unidad de volumen de disolución (Singh y Heldman, 2009),

3.2 Enfoques teóricos técnicos

3.2.1 La granada (*Punica granatum* L.)

El granado (*Punica granatum* L.) es un árbol pequeño de la familia de las puniaceas (Figura 2). Es un arbusto caducifolio que puede alcanzar de 5 a 8 m de altura. El fruto es una baya globular con una corteza coriácea. La granada crece en climas templados, en las regiones más secas del Mediterráneo, como España, Indias Orientales, África tropical y de América (Fernández, 2012).

El fruto de la granada es redondo y de color amarillo-rojizo, llena de numerosos "arilos" (Figura 3) que contienen un zumo de color rojo intenso. Alrededor del 50 % del peso total de la granada corresponde a la corteza y a las membranas carpelares, que son una fuente importantísima de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, elagitaninos, proantocianidinas y minerales principalmente potasio, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio y sodio (Carbonel y Sánchez, 2012).

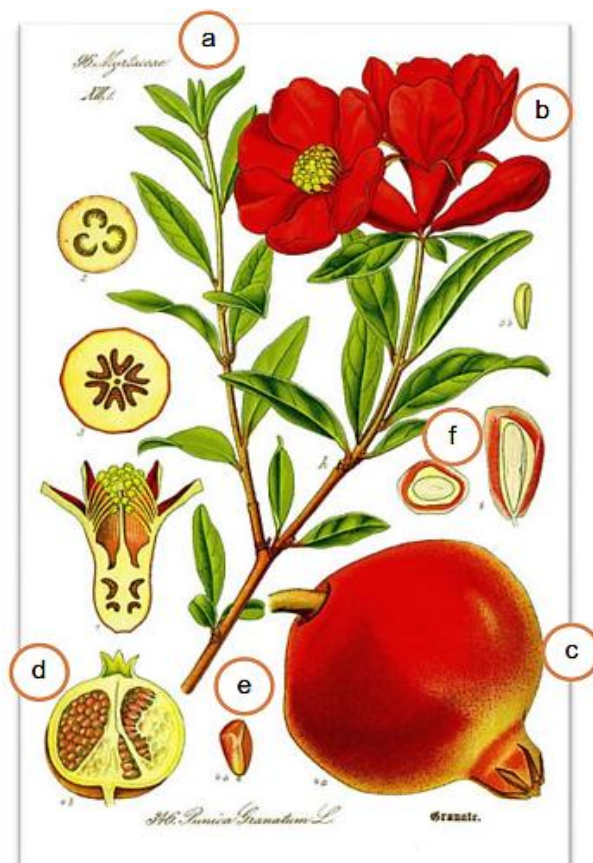


Figura 2. Partes del granado, a) hojas, b) flores, c) fruto, d) corte longitudinal del fruto, e) arilo, f) cortes longitudinal y transversal del arilo.

Fuente: Díaz (2014)

La Tabla 2 muestra la composición nutricional del arilo de granada.

Tabla 2. Composición nutricional del arilo de granada (100 g parte comestible)

Componente	Unidad	Valor
Agua	g	80,97
Energía	kcal	77,62
Proteína	g	0,95
Grasa	g	0,30
Carbohidratos	g	17,78
Fibra dietética	g	0,6
Azúcares totales	g	16,57
Vitamina C	g	$6,1 \times 10^{-3}$
Vitamina A	ui	108
Vitamina E	g	$0,6 \times 10^J$
Vitamina K	g	$4,6 \times 10^"b$
Fitoesteroles	g	$17 \times 10_J$
α - caroteno	g	$50 \times 10^*$
π - caroteno	g	$40 \times 10^*$

Fuente: Carbonel y Sánchez (2012).



Figura 3. Partes de la granada

Fuente: <http://blog.casapia.com/category/novedades-dietetica/page/4/>

3.2.2 Extractos de granada

Los arilos representan la parte comestible de la granada y generalmente se consumen en fresco. Sin embargo, también pueden ser utilizados para la preparación de bebidas, gelatina, jalea, pasta y jugo fresco. Existen diferentes métodos para la elaboración de jugo de granada, los más utilizados son: manual, donde se separan los arilos de la cáscara y albedo para prensarlos a través de una malla; y exprimidor, en donde se utiliza una prensa o exprimidor para comprimir la fruta entera, por lo que se extrae jugo tanto de los arilos como del albedo (Mousavinejad y col., 2009). El primero es un proceso complejo ya que la separación de los arilos resulta difícil y requiere de mucho tiempo, además el rendimiento es bajo; mientras que el segundo es relativamente más sencillo y es un proceso comúnmente utilizado en países asiáticos para la producción de jugo.

La composición del jugo de granada está fuertemente influenciada por la variedad, el método de extracción, el estado de maduración, así como las condiciones de almacenamiento. Por lo que estas variables deben ser consideradas para el desarrollo de un proceso industrial (Fischer y col., 2013).

3.2.3 Producción y exportación del granado en el Perú

El Perú exportó en la campaña del 2013 más de US\$ 16 millones de dólares y las proyecciones de crecimiento para los próximos años son enormes, tanto por la creación de su propio gremio como por los avances tecnológicos y nuevas variedades tempranas que se explotarán. En el 2007 se exportó US\$ 1,1 millón, US\$ 11,6 millones en el 2011, lo que representó un crecimiento promedio de 80% anual en ese período. Se prevé que al cierre del 2016 las exportaciones de granada lleguen a US\$ 45 millones anuales. El principal mercado de la granada peruana es Holanda (Países Bajos), cuyas compras alcanzaron los US\$4,3 millones en el 2001. Desde este destino el producto se distribuye a supermercados del este de Europa (Rojas, 2016).

Ica es la región que cuenta con la mayor producción de esta fruta (Figura 4), le sigue Lima y La Libertad quienes han aumentado sus áreas de cultivo en un promedio de casi 100 veces más a la que poseían en el 2004. León (2014) afirma que los principales mercados a los que se dirigirá la fruta serán: Estados Unidos, Corea del Sur, Taiwán, Colombia. Ecuador, Brasil, China, México, y Tailandia. En el país existen 1 500 hectáreas de granadas, y de dicha superficie, el 90% es producido por las 14 empresas que integran Pro-granada. En total, estas administran 1301,12 Has.

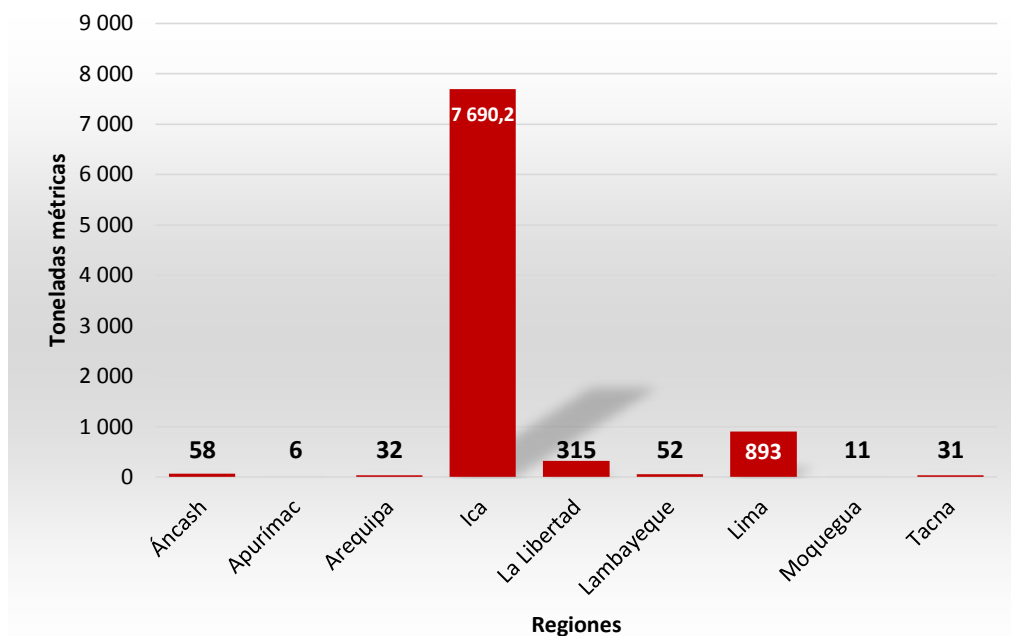


Figura 4. Producción de granadas en el Perú en el año 2014
Fuente: Compendio estadístico Perú (2015)

3.2.4 Los polifenoles

Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, donde desempeñan diversas funciones fisiológicas. Tradicionalmente se han considerado como sustancias antinutritivas debido al efecto adverso de uno de sus componentes principales, los taninos, en la digestibilidad de proteínas. Sin embargo, actualmente existe gran interés en estos compuestos debido a la gran variedad de actividades biológicas que presentan, considerándose uno de los compuestos fitoquímicos alimentarios más importantes por su contribución al mantenimiento de la salud humana (García et al., 2015).

Son moléculas muy reactivas que se encuentran combinadas con azúcares como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramosa, xilosa o los ácidos glucorónicos y galacturónicos. También con ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminoácidos y lípidos. Dependiendo de su complejidad química, pueden agruparse en C_6 , C_6-C_n , $C_6-C_n-C_6$ siendo $n < 3$. La tabla 3 muestra diferentes grupos de polifenoles y algunos ejemplos (García et al., 2015).

Tabla 3. Clasificación de los polifenoles y ejemplos

Estructura química	Tipo	Ejemplo de polifenol
C_6	Fenol simple	Eugenol
C_6-C_1	Ácido fenólico	Ácido gálico
	Ácido benzoico	Ácido elágico
$(C_6-C_1)_n$	Taninos hidrolizables	
C_6-C_2	Ácido fenil acético	
C_6-C_3	Ácido hidroxicinámico	Ácido cateico
	Cumarinas	Ácido lerúlico
$(C_6-C_3)_2$	Lignanós	
$C_6-C_1-C_6$	Benzofenonas	
	Xantonas	
$C_6-C_2-C_6$	Estilbenos	Resveratrol
	Flavonoides	Antocianinas
		Flavonoles
$C_6-C_3-C_6$		Flavonas
		Flavanonas
		Isoflavonas
	Chalconas	Flavanoles
$(C_6-C_3-C_6)_n$	Proantocianinas (taninos $4 \leq n < 11$)	

Fuente: García et al., (2015)

3.2.5 El agua

Constituye el ingrediente mayoritario (90 - 99%), es el cuerpo de la bebida. Se le da tratamiento para remover impurezas y ajustar el pH, ya que el nivel de alcalinidad tiene que ser bajo a fin de prevenir la neutralización del ácido empleado en la bebida, lo cual alteraría su sabor y disminuiría su estabilidad. Asimismo, los niveles de hierro y manganeso deben ser bajos a fin de prevenir la reacción con los colorantes y saborizantes. El cloro residual tiene que ser casi inexistente, ya que afectaría el sabor de la bebida. La turbidez y el color tienen que ser mínimos para que no disminuyan la apariencia atractiva de la bebida. El nivel de materia orgánica, así como de sólidos inorgánicos tiene que ser bajo; ya que las partículas coloidales proporcionarían núcleos para la acumulación de dióxido de carbono y su liberación de la solución, lo cual resultaría en la ebullición y derramamiento de líquido cuando se llenan o abren las botellas (Marroquín, 2004).

3.2.6 Dióxido de carbono

Se define como un gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, cuya molécula está constituida por un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno (CO₂); se obtiene de la combustión de cualquier compuesto que contiene carbono, y también es producto de la respiración

y de la fermentación. El más comercial de los usos es el que las embotelladoras aprovechan en la fabricación de bebidas carbonatadas, las cuales se encuentran saturadas del gas bajo una presión un poco mayor que 1 atmósfera. Cuando las botellas con bebidas carbonatadas se abren al aire, la presión parcial del CO₂ sobre la disolución se reduce. Por tanto, la solubilidad del CO₂ disminuye, desprendiéndose el mismo de la disolución como burbujas. Este gas carbónico también ayuda a evitar el desarrollo de hongos (Sandoval, 2006).

3.2.7 Edulcorantes

Son sustancias que imparten un sabor dulce al alimento, pueden clasificarse en dos categorías:

- a) Edulcorantes nutritivos: son sustancias que tienen más del 2% del valor calórico de la sacarosa por cada unidad equivalente en su capacidad edulcorante. Dentro de los edulcorantes nutritivos comunes se encuentra los azúcares refinados, el jarabe de maíz, la fructosa cristalina, la glucosa, la dextrosa, la lactosa, la maltosa y los polioles de baja energía o alcoholes del azúcar (p.ej. sorbitol, manitol, xylitol, etc.); éstos últimos son llamados los edulcorante masivos o que dan cuerpo (Morales, 2007).

b) Edulcorantes no nutritivos: son sustancias que tienen 2% o menos del valor calórico de la sacarosa por cada unidad equivalente en su capacidad edulcorante. También se les designa como edulcorantes artificiales, intensos, sustitutos del azúcar o de bajas calorías. La dulzura de los edulcorantes no nutritivos varía entre 30 y 3,000 veces más que la sacarosa, por lo que se utilizan en cantidades diminutas para incrementar el sabor dulce de los alimentos (Morales, 2007). Los edulcorantes artificiales son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, bebidas, industria confeccionaría y farmacéutica a través del mundo.

3.2.8 Características sensoriales de los alimentos

A un nivel biológico básico, la selección de alimentos aparece determinada por ciertas características sensoriales como el gusto, olor, textura, color (y otras características visuales), incluso el sonido (el crujir) y características fisiológicamente percibidas como la "sensación" o "quemadura", que dan lugar a: a) selección o rechazo, y b) jerarquías de preferencia y combinaciones entre artículos "comestibles". El gusto por lo dulce quizá sea innato y tal vez determine los tipos y las partes de los alimentos que los humanos consumen (Contreras, 1995).

3.2.9 Métodos de evaluación sensorial

En la práctica existe una gran confusión por parte de las personas que no tienen un conocimiento adecuado sobre las técnicas sensoriales, con relación a que información se necesita según el objetivo que se persigue al realizar un estudio sensorial. El tipo de pregunta que causa mayor conflicto es ¿Qué prueba es la más adecuada? En la mayoría de los casos no existe una sola prueba que resuelva el problema y en ocasiones es necesario revisar varias veces el objetivo para tener claro cuál o cuáles métodos hay que aplicar afirma Espinosa (2007).

Con relación a las pruebas que pueden ser utilizadas existen diversas formas de clasificarlas (Figura 5) aunque todos los autores coinciden en que estas se dividen en dos grandes grupos:

- Pruebas analíticas
- Pruebas afectivas.

Cualquiera que sea la prueba que se vaya a emplear, es necesario que los jueces entiendan la necesidad de efectuar la misma de la manera más objetiva posible, demuestren su capacidad para seguir las instrucciones y ejecuten la misma de manera correcta (Espinosa, 2007).



Figura 5. Clasificación de los métodos de evaluación sensorial

Fuente: Espinosa (2007)

3.2.10 Pruebas de aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo) (Watts et al., 1992).

La escala hedónica: Espinosa (2007) indica que las escalas hedónicas verbales recogen una lista de términos relacionados con el agrado o no del producto por parte del consumidor. Pueden ser de cinco a once puntos variando desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia. Para analizar los datos obtenidos mediante esta prueba, se le asignan valores consecutivos a cada descripción, dichos valores pueden procesarse posteriormente a través del análisis estadístico, o simplemente llegar a una conclusión de la aceptación de los productos mediante el valor obtenido al calcular la media aritmética de la respuesta de los jueces para cada muestra. Asimismo Ureña y D'Arrigo (1999) afirman que el análisis hedónico es

usado para medir el nivel de placer a que se puede llegar y manifestar al consumir un determinado alimento.

3.2.11 La metodología de superficies de respuesta (MSR)

La metodología de superficies de respuesta o MSR, es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 2004).

La MSR es la estrategia experimental y de análisis que permite resolver el problema de encontrar las condiciones de operación óptimas de un proceso, es decir, aquellas que dan por resultado "valores óptimos" de una o varias características de calidad del producto afirma Gutiérrez y De La Vara (2008).

También indica que la MSR, es una combinación del diseño experimental y del análisis de regresión que fue introducida por Box y Wilson en 1951. Es una estrategia de experimentación secuencial y modelación que conduce a la localización de los valores óptimos de las variables independientes que maximizan, minimizan o cumplen ciertas restricciones en la variable respuesta según Jiménez (2015).

3.2.11.1 Diseños de segundo orden

Se llaman diseños de segundo orden (diseños compuestos o rotatables) son aquellos que permiten ajustar un modelo matemático de segundo orden para así estudiar, además de los efectos lineales y de interacción, los efectos cuadráticos o de curvatura pura (Montgomery, 2004). Por consiguiente, estos diseños se emplean cuando se quiere explorar una región que se espera sea más compleja o se cree que el punto óptimo ya se encuentra dentro de la región experimental. El modelo matemático de segundo orden está dado por:

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

Los diseños de segundo orden más recomendados como son: el diseño de Box-Benhken y el diseño central compuesto o de composición central. Además se trata de la clase más popular de diseños usados para ajustar estos modelos. El diseño central compuesto DCC es un diseño muy eficiente para ajustar el modelo de segundo orden. Hay dos parámetros en el diseño que deben especificarse: la distancia α de las corridas axiales al centro del diseño y el número de puntos centrales npc. A continuación se analiza la elección de estos dos parámetros (Montgomery, 2004).

Según Cuesta (2009) existen formas de representar las superficies de respuesta y gráficos de contorno de segundo orden, a saber:

- Montaña: la respuesta presenta un máximo (Figura 6a).
- Valle: la respuesta presenta un mínimo (Figura 6b).
- Silla de montar o mínimax: la respuesta aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, según la dirección tomada (Figura 6c).
- Cresta ascendente: la respuesta presenta un máximo pero este se encuentra fuera de la actual región experimental; es decir, se puede inferir que la verdadera superficie es una montaña pero no observamos su pico sino un costado (Figura 6d).
- Cresta descendente: la respuesta presenta un mínimo pero este se encuentra fuera de la actual región experimental, es decir, se puede inferir que la verdadera superficie es un valle pero no observamos su máxima depresión sino un costado.

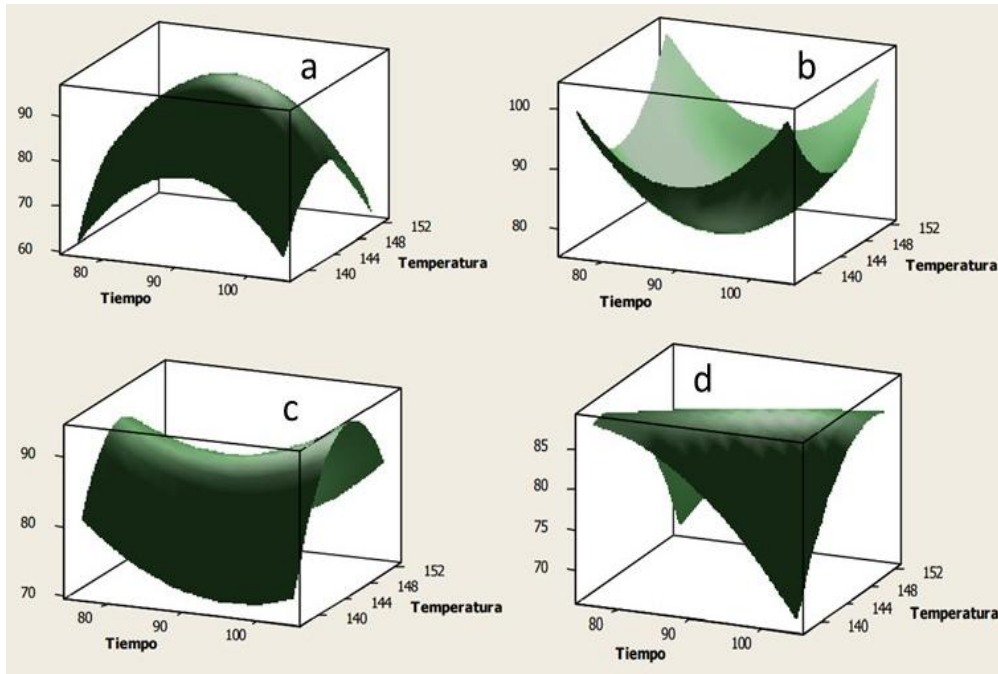


Figura 6. Formas de superficies de respuesta de segundo orden
Fuente: Cuesta (2009)

3.2.11.2 Diseño de Box y Benhken

Un tipo de diseño que presenta ser una alternativa razonable contra el central compuesto que fue inventado por Box y Behnken para situaciones cuando el experimentador desea correr solamente 3 niveles de los factores pero se quiere que el diseño también sea rotatable. Mientras el diseño central compuesto con puntos al centro de cara centrada también tiene 3 niveles, este coloca la mayoría de los puntos del diseño en las esquinas de la región experimental (Box, Hunter & Hunter, 2008).

Si esa región define las condiciones viables para el proceso, el central compuesto con cara centrada es una opción natural. Sin embargo, si uno está comenzando en una combinación particular de factores y se está buscando simplemente las mejores condiciones, un arreglo más esférico de los puntos del diseño sería más eficiente. El diseño Box-Behnken consiste de un conjunto de corridas donde cada par de factores es variado entre sus niveles bajo y alto, mientras los demás factores experimentales se fijan en el nivel medio. Por ejemplo, un diseño Box-Behnken con 3 factores (con puntos al centro omitidos). Cada conjunto de 4 corridas consecutivas es un diseño experimental con 2 niveles implicando seleccionar un par de factores. Además, de 3-5 puntos al centro en $(0, 0, 0)$ pueden agregarse al diseño. El diseño es comparable en tamaño al central compuesto y considerablemente más pequeño que un factorial a tres niveles (Tabla 4). Cuando en ocasiones es deseable o incluso necesario que los factores se ensayen sólo a tres niveles. Los diseños de Box-Behnken son diseños factoriales incompletos a tres niveles en los que los puntos experimentales están escogidos especialmente para permitir una estimación eficiente de los coeficientes de un modelo de segundo orden (Box, Hunter & Hunter, 2008).

Tabla 4. Diseño de Box-Behnken para 3 factores

Tratamientos	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Fuente: STATGRAPHICS – REV. 9/14/2006

3.2.12 La optimización de múltiples respuestas

Es común considerar diversas características (variables) para lograr productos con mejor calidad y propiedades. Un alimento tiene varias propiedades como: textura, pH, color, sabor, apariencia, etc., y todas son importantes para que el alimento sea bien aceptado por los consumidores. Si la optimización sólo se hace para una característica del producto podrían resultar condiciones inadecuadas para las otras características. Por ello es imprescindible contar con técnicas que sirvan para que, en la medida de lo posible, se optimicen simultáneamente todas las respuestas de interés (Gutiérrez y De la Vara 2008).

El problema de la optimización simultánea radica en que, por lo general, los óptimos individuales no son las mismas combinaciones de los factores de control (X_1, X_2, \dots, X_k). Esto hace necesario buscar una solución compromiso, donde todas las variables tengan un nivel satisfactorio. A esa solución compromiso se denomina óptimo simultáneo. En la Figura 7 se muestran las superficies de dos respuestas en una misma región experimental. Si en ambas respuestas interesara el mínimo, es claro que los óptimos individuales se encuentran en extremos opuestos de la región experimental (Gutiérrez y De la Vara 2008).

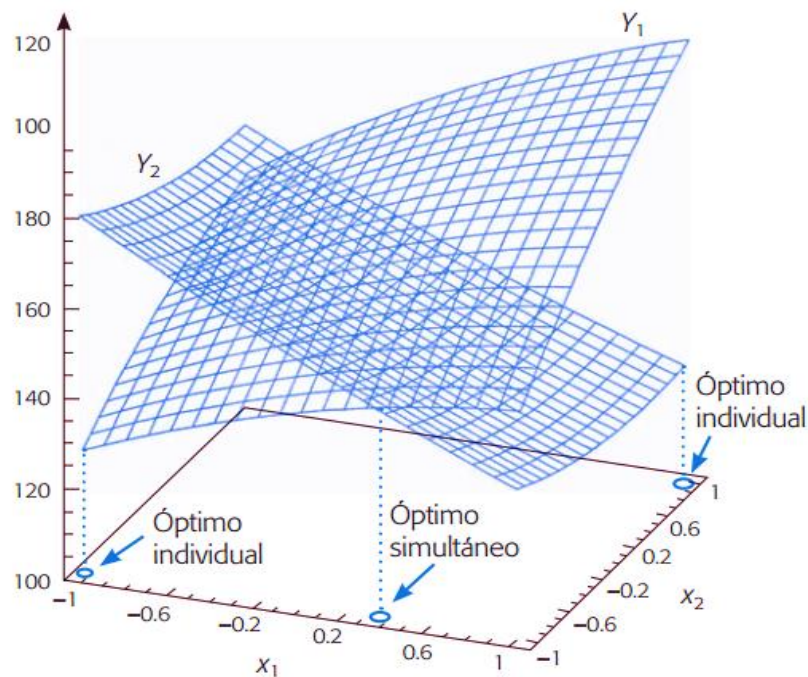


Figura 7. El óptimo simultáneo (global) es una solución de compromiso
Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2008)

Método de la función de deseabilidad: Es una función en el espacio de factores que estima la deseabilidad global (DG) del producto; de esta forma, convierte el problema de optimización multivariado en un problema de optimización univariado. Basta maximizar DG para obtener el punto óptimo buscado. Para la optimización simultánea se puede aplicar en varios software, entre ellos Statgraphics, Minitab y Design Expert, esta última cuenta con un graficador más avanzado. En cualquier software, el primer paso es ajustar un modelo jerárquico para cada variable y verificar su calidad (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

3.3 Marco referencial

Para el presente estudio se tomará en cuenta como referencia a las siguientes investigaciones ya realizadas referidas a la granada:

- Eficiencia de la capacidad antioxidante sobre radicales peróxido y en la oxidación de lipoproteínas humanas de baja densidad (LDL). Las pruebas se realizaron *in vitro* con extractos purificados, resultado de extracciones realizadas con metanol, con agua y con acetato de etilo, a partir de la cáscara y semillas demostraron Singh et al. (2002).
- Estudio del contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante en jugos comerciales de granada. Los resultados obtenidos indicaron una relación directa entre el contenido de

compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en seis de las siete marcas comerciales estudiadas indica Tezcan et al. (2009).

- Su capacidad antimicrobiana se confirma una vez más en los estudios realizados por Haidari et al. (2009) comprobaron que extractos con alto contenido de polifenoles, obtenidos del pericarpio de granada, inhiben la replicación del virus de la influenza humana A/Hong Kong (H₃N₂).
- El estudio "Calidad nutracéutica de extractos de granada agridulce y bioaccesibilidad de sus compuestos fenólicos en un modelo in vivo" el objetivo de su estudio fue evaluar las características fisicoquímicas y nutracéuticas de extractos de granada elaborados a partir del fruto entero con un procesador y comparar con dos métodos de extracción: 1) arilos de granada separados manualmente y prensados; 2) mitades de fruta procesadas en un exprimidor de jugos eléctrico. El extracto elaborado a partir del procesador mostró un mayor rendimiento que los otros métodos; no se encontraron diferencias en pH, acidez titulable, sólidos solubles totales ni índice de madurez entre los métodos de extracción; el extracto de granada acida presentó los valores más bajos de pH y más altos de acidez titulable, mientras que la dulce presentó el efecto contrario. Los extractos elaborados a partir del procesador presentaron mejores características nutracéuticas, mientras que las selecciones dulce y acida mostraron mayor contenido de compuestos

fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidante que la variedad Wonderful. Los compuestos fenólicos de los extractos de granada agridulce mostraron una mayor bioaccesibilidad de ácidos fenólicos y flavan-3-oles según Díaz (2014).

- En su estudio “Elaboración de una bebida carbonatada de maracuyá” tuvieron como objetivo desarrollar una bebida de maracuyá carbonatada, elaborada a base de pulpa de fruta. Para el desarrollo de la misma, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, teniendo como factores el porcentaje de pulpa y los volúmenes de CO₂ en la bebida. Se realizaron análisis estadísticos (ANOVA y prueba de Tukey) para determinar los mejores tratamientos, como resultado se escogieron los tratamientos: 1 (15% de pulpa y 1,5 volúmenes de CO₂) y 2 (15% de pulpa y 2,5 volúmenes de CO₂) los cuales fueron llevados a un estudio sensorial. En el estudio sensorial como resultado se observó que estadísticamente no existía una marcada preferencia entre los tratamientos. El tratamiento 2 fue escogido como la formulación final para el producto. Como resultado de este estudio se desarrolló la bebida, que contiene 15% de pulpa de maracuyá y 2,5 volúmenes de CO₂, esta bebida tiene una vida útil de 3 meses en condiciones de refrigeración, lo cual la convierte en una excelente fuente de vitamina C según Maldonado y Moncayo (2012).

CAPÍTULO IV.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Material

4.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, pues pretende aprovechar el uso de la granada para elaborar una bebida carbonatada, por ello se aplicara un diseño de la investigación de tipo experimental puro para poder evaluar su aceptabilidad sensoriales y características fisicoquímicas.

4.1.2 Población y muestra

Muestras de jugo de granada diluida con agua desmineralizada y endulzada con jarabe de azúcar, en la cual todas las concentraciones serán establecidas por el diseño. Gutiérrez y De la Vara (2008) consideran que las poblaciones pueden ser k métodos de producción, k tratamientos, k grupos, etc., y su número es determinado por el investigador, dependiendo del problema particular de que se trata. Por tanto, para el presente estudio que tiene 3 variables independientes (Tabla 5) se eligió el diseño de Box-Benhken que para poblaciones hipotéticas de bebidas gasificadas se estableció un número de $k=15$ tratamientos diseñados para el presente estudio (Tabla 6).

Tabla 5. Niveles de estudio de la variable independiente

Variables independientes	Niveles			
	Unidad	-1	0	+1
X1 = Porcentaje de jugo de granada	% v/v	20	35	50
X2 = Porcentaje de jarabe	% v/v	8	11	14
X3 = Presión CO ₂	atmosferas	2	3	4

Fuente: Elaboración propia (2016)

Tabla 6. Tratamientos según diseño Box-Benhken para el estudio de la bebida carbonatada a base de jugo de granada

Tratamientos	X1:Jugo de granada		X2:Jarabe		X3: Presión de CO ₂	
	Código	% v/v	Código	% v/v	Código	Atm
1	-1	20	-1	8	0	3
2	+1	50	-1	8	0	3
3	-1	20	+1	14	0	3
4	+1	50	+1	14	0	3
5	-1	20	0	11	-1	2
6	+1	50	0	11	-1	2
7	-1	20	0	11	+1	4
8	+1	50	0	11	+1	4
9	0	35	-1	8	-1	2
10	0	35	+1	14	-1	2
11	0	35	-1	8	+1	4
12	0	35	+1	14	+1	4
13	0	35	0	11	0	3
14	0	35	0	11	0	3
15	0	35	0	11	0	3

Fuente: Elaboración propia (2016), el agua es el completo porcentual de la suma de los porcentajes del jugo de granada y el jarabe.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Materiales y equipos

Para la medición de las variables en estudio se usaron materiales e instrumentos de medición cuantitativos, exactos y no requieren de las pruebas de validez y confiabilidad pues evidentemente son validados por los fabricantes.

El estudio será a nivel de laboratorio y en consecuencia se dispuso de los siguientes materiales:

- a. Materiales y equipos de laboratorio disponibles.
 - Potenciómetro marca ALLIED FISHER CENTIFIC, Con rango de pH de 0 - 14, Modelo 800; USA.
 - Refractómetro de mano, marca WARSZAWA, con rango de longitud de 0-95. Polonia. Piceta
 - Bureta de vidrio
 - Matraz de vidrio PIREX 100 ml
 - Vasos de precipitado de 50, 100, 250 ml
 - Extractor. Soxhlet multi-unit extraction heater, marca LABLINE INSTRUMENTS, equipo para 06 muestras de 220 y equipado con sus respectivos soportes.
 - Manómetro “hechizo”

- Termómetro (0 a 100°C)
- Carta de volumen de gas CO₂

b. Materiales de proceso básico para obtención de jugo.

- Granada variedad roja procedente del distrito de ITE.
- Agua de mesa purificada “San Francisco”.
- Bombona de CO₂
- Botellas de plástico de 500 ml
- Cucharas
- Recipientes de acero inoxidable

En caso se requiera de un equipo o material no disponible en la escuela ESIA se procederá a hacer el pedido de uso a la Facultad de Ciencias UNJBG.

4.2.2 Método procedimental

La Figura 8 muestra el diseño de investigación de tipo experimental para el presente estudio.

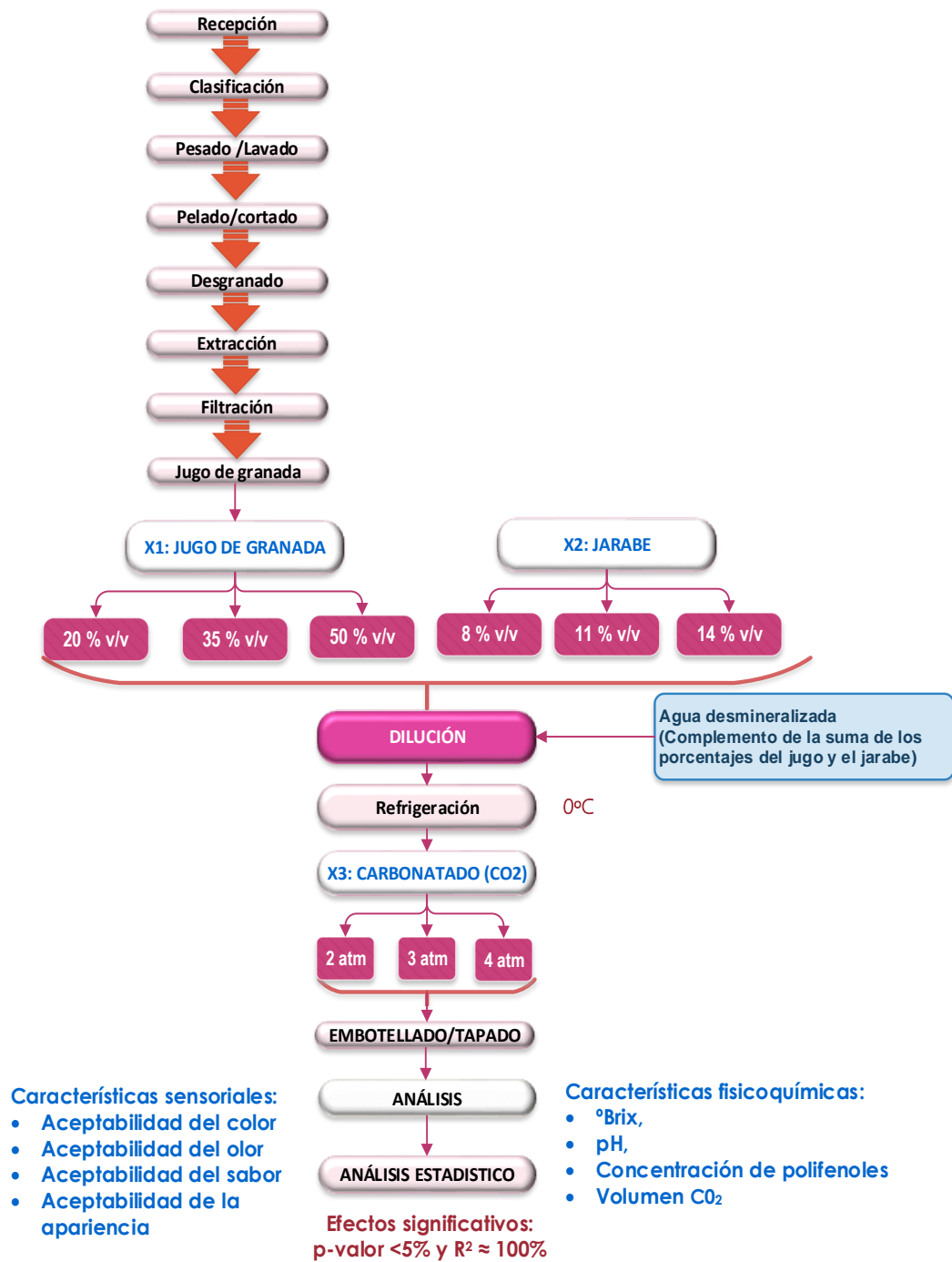


Figura 8. Diseño de investigación experimental
Fuente: Elaboración propia (2016)

A continuación se describe los pasos a seguir para obtener el jugo de granada.

- a) Recepción: se recibieron frutos cosechados del proyecto de granada de ITE.
- b) Selección: se separaron los frutos sanos y sin daño
- c) Pesado /Lavado: con agua fresca para eliminar restos de polvo y materias extrañas (Figura 9).



Figura 9. Granadas variedad Wonderful
Fuente: Elaboración propia (2016)

- d) Desgranado: Consiste en extraer los granos de granada del interior de la fruta (Figura 10).



Figura 10. Arilos de la granada
Fuente: Elaboración propia (2016)

- e) Extracción: aplicando una presión de manera manual a los granos, se extrajo el jugo.
- f) Filtración: a fin de eliminar los restos vegetales y semillas, el jugo ya elaborado se almacenó en refrigeración hasta su requerimiento.
- g) Tratamientos: se procedió a diseñar las bebidas según la distribución establecida por diseño Box-Benhken.
- h) Refrigeración: previo al embotellado se refrigeró a 0°C (Figura 11) como condición previa al gasificado.
- i) Carbonatación: se adicionó el gas carbónico a presiones según diseño experimental y temperatura de 0°C (Figura 12).
- j) Embotellado: esta operación se realiza antes de la carbonatación para luego tapar con tapas rosca.



Figura 11. Muestras refrigeradas previas al proceso de carbonatación

Fuente: Elaboración propia (2016)



Figura 12. Sistema de carbonatación

Fuente: Elaboración propia (2016)

- k) Análisis: Se realizó la medición del volumen (Figura 13) según normas de la comunidad andina (norma ecuatoriana de bebidas gasificadas) y sensoriales, así como de polifenoles (Figura 14) y se procedió a efectuar los análisis respectivos.



Figura 13. Medición de la presión y temperatura para el cálculo del volumen de anhídrido carbónico

Fuente: Elaboración propia (2016)



Figura 14. Medición la absorbancia en la determinación de compuestos fenólicos

Fuente: Elaboración propia (2016)

- l) Optimización: en esta etapa se procederá al análisis estadístico de los datos a fin de determinar el punto óptimo de elaboración.

CAPÍTULO V.

TRATAMIENTO DE RESULTADOS

5.1 Técnicas aplicadas en la recolección de la información

5.1.1 Métodos analíticos

a. Análisis a realizar a la materia prima

- Humedad (método por pérdida de peso constante), A.O.A.C, 1981.
- Proteína (método micro destilador Kjeldahl), A.O.A. C, 1981.
- Grasa (método Soxhlet), A.O.A.C, 1981.
- Cenizas (método por calcinación), A.O.A.C, 1981.
- Fibra bruta (método por hidrólisis ácida y alcalina), A.O.A.C, 1981.
- Carbohidratos (por diferencia), A.O.A.C, 1981.

b. Análisis de las características fisicoquímicas

- Determinación de compuestos fenólicos totales: Según método del reactivo de Folin-Ciocalteu expresado como ácido gálico.
- pH, método potenciométrico
- Acidez titulable A.O.A.C, 1981.
- Sólidos solubles, por refractómetro.

- Volumen de CO₂: método Crush Products Technical Service (Anexo 12).
- **Análisis de las características sensoriales**
- Prueba de aceptación sensorial: apariencia, color, olor y sabor con la prueba hedónica según escala estructurada (Anexo 13).

5.1.2 Métodos estadísticos

Con los promedios de los 15 tratamientos; se aplicó la metodología de superficie de respuesta para construir un modelo matemático que relacione las variables en estudio, modelo cuadrático cuya significancia del modelo y sus coeficientes se evaluó a través del análisis de varianza (ANVA) al 95 % de confianza (Montgomery, 1991).

Modelo cuadrático:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 + b_5x_3 + b_6x_3^2 + b_7x_1x_2 + b_8x_1x_3 + b_9x_2x_3 + \epsilon$$

Método matricial: $[b] = [X'X]^{-1}[X'Y]$

Donde

- Y = Función respuesta
- $x_1; x_2$ y x_3 = Valores de las variables independientes
- b_0 = Coeficiente relativo con la interpretación del eje

- $b_1; b_3$ y b_5 = Coeficientes lineales de variables independientes
- b_2, b_4 y b_6 = Coeficientes cuadráticas de variables independientes
- $b_7; b_8$ y b_9 = Coeficiente de interacción entre variables independientes
- ϵ = Error experimental

Asimismo Gutiérrez y De la Vara (2008) indican que el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) que se obtienen a partir del ANOVA son los parámetros estadísticos más útiles para medir la calidad global del modelo de regresión múltiple. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 70%. Para la optimización se utilizará la función de deseabilidad. Según Sankalia, et al. (2004) la aplicación de la función de deseabilidad conjuga todas las respuestas en una medición y ofrece la posibilidad de predecir los niveles óptimos de las variables independientes.

Para los cálculos de coeficientes del modelo y el análisis de varianza se utilizó los programas Statgraphics Centurion XVI con Desig expert v 7 para los gráficos de curvas de nivel y para el cálculo de efectos y proceso de optimización se utilizó el programa Statistica v 7.

5.2 Resultados de la materia prima

En la Tabla 7 se reportan los resultados del análisis proximal del jugo de granada de la variedad Wonderful, así como los grados brix correspondiente. El componente mayoritario después del agua es su contenido en carbohidratos que se entienden son azúcares simples que se manifiestan por su semejanzas con los grados brix.

Tabla 7. Composición nutricional de la materia prima (jugo)

Componente	Unidad	Jugo de granada en estudio	Jugo de granada según Carbonel y Sánchez (2012)
Agua	g	81,0	80,97
Proteína	g	0,35	0,95
Grasa	g	0,19	0,30
Carbohidratos	g	18,22	17,78
Fibra cruda	g	0,24	0,6
Energía	kcal	76,0	77,62
Solidos solubles	°Bx	15,0	16,57

Fuente: Elaboración propia (2016)

Estos valores energéticos han sido obtenidos a partir de las cantidades de proteínas, grasas, carbohidratos usándose en general los valores de ATWATER (proteínas, 4 kcal/g; grasas, 9 kcal/g y carbohidratos, 4 kcal/g).

5.3 Resultados del análisis de las características fisicoquímicas

En la Tabla 8 se presentan los promedios de los resultados obtenidos de las determinaciones del análisis fisicoquímico para los 15 tratamientos o muestras de bebidas carbonatadas:

Tabla 8. Análisis de las características fisicoquímicas de la bebida carbonatada a base de jugo de granada

Tratamientos	X1: Jugo de granada (% v/v)	X2: Jarabe de azúcar (% v/v)	X3: Presión CO ₂ (atm)	Y1: Sólidos solubles (°Bx)	Y2: pH	Y3: Acidez (%)	Y4: Polifenoles totales (mg/L)	Y5: Volumen CO ₂ (%)
1	20	8	3	12,9	3,5	0,0996	599,34	2,18
2	50	8	3	15,3	3,6	0,1440	710,76	2,70
3	20	14	3	19,2	3,5	0,0744	671,66	2,75
4	50	14	3	23,6	3,6	0,1464	686,85	1,82
5	20	11	2	15,8	3,5	0,0804	601,51	2,12
6	50	11	2	20,0	3,6	0,1524	692,37	2,14
7	20	11	4	16,0	3,6	0,0648	632,58	3,43
8	50	11	4	20,6	3,4	0,1356	666,39	2,86
9	35	8	2	15,2	3,5	0,102	659,36	2,81
10	35	14	2	21,2	3,6	0,1056	656,83	2,30
11	35	8	4	15,8	3,6	0,1116	667,09	3,89
12	35	14	4	21,5	3,4	0,1056	639,51	3,08
13	35	11	3	19,2	3,6	0,0984	636,08	2,99
14	35	11	3	22,0	3,4	0,1044	632,35	2,70
15	35	11	3	20,2	3,5	0,1320	639,51	2,85

Fuente: Elaboración propia (2016)

5.3.1 Sólidos solubles

Los resultados promedio de los sólidos solubles finales (°brix) de la bebida carbonatada (Tabla 8) se sometieron a análisis en función a los niveles de los factores de proceso y se determinó que los coeficientes del modelo completo que relaciona los datos del comportamiento de los sólidos solubles es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Sólidos solubles (°Bx): } Y_1 = & -24,5921 + 0,460926*X_1 - 0,00675926*X_1^2 + \\ & 3,70509*X_2 - 0,13287*X_2^2 + 5,32917*X_3 - 0,845833*X_3^2 + \\ & 0,0111111*X_1*X_2 + 0,00666667*X_1*X_3 - 0,025*X_2*X_3 \end{aligned}$$

Del análisis de efectos de los coeficientes del modelo escogido (Anexo 3a) y del análisis de Pareto (Figura 15) se verifica que solo el coeficiente lineal del jarabe obtuvo un valor p inferior a 0,05 (nivel de significancia) es decir; que si presenta influencia sobre los sólidos solubles finales de la bebida. En consecuencia se puede considerar que individualmente los demás coeficientes no presentaron mayor influencia sobre los sólidos solubles.

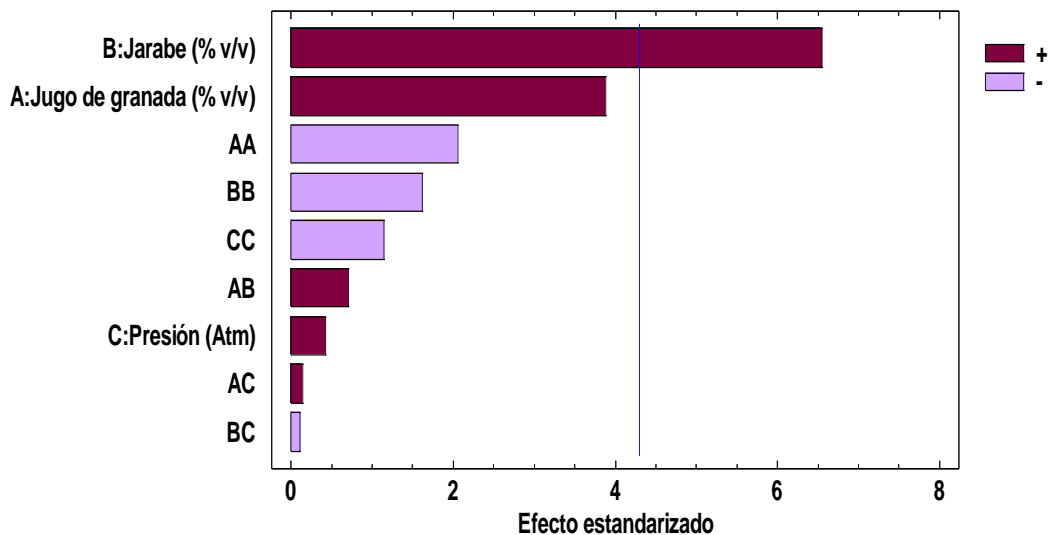


Figura 15. Diagrama de Pareto estandarizada para los sólidos solubles
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Asimismo, el análisis de varianza (Anexo 3b) que evaluó al modelo de regresión ajustado, estableció un error menor al nivel de significancia ($0,0055 < 0,05$), falta de ajuste no significativo ($0,8532$), un coeficiente de determinación ajustado (R^2 adj) igual a $0,887$, parámetros suficientes que validan el modelo ajustado escogido para ser útil para fines predictivos y de construcción de las curvas de nivel o superficie de respuesta en la que gráficamente se visualizará el efecto de los factores en estudio sobre la variabilidad de los sólidos solubles en grados brix de la bebida carbonatada.

En la Figura 16 de curva de nivel construida con el modelo ajustado de regresión se describe la tendencia de la variabilidad de los sólidos

solubles de la bebida carbonatada a través de la intensidad de las regiones en colores, siendo la región de mayor valor de sólidos solubles en color rojo y verde la de menor valor; y describe la tendencia de que a mayor concentración de jugo de granada y jarabe en la bebida es cuando se tendrá los mayores valores de S.S. en la bebida, es decir que muestran un efecto sinérgico. El valor máximo estimado es de 23 °Brix.

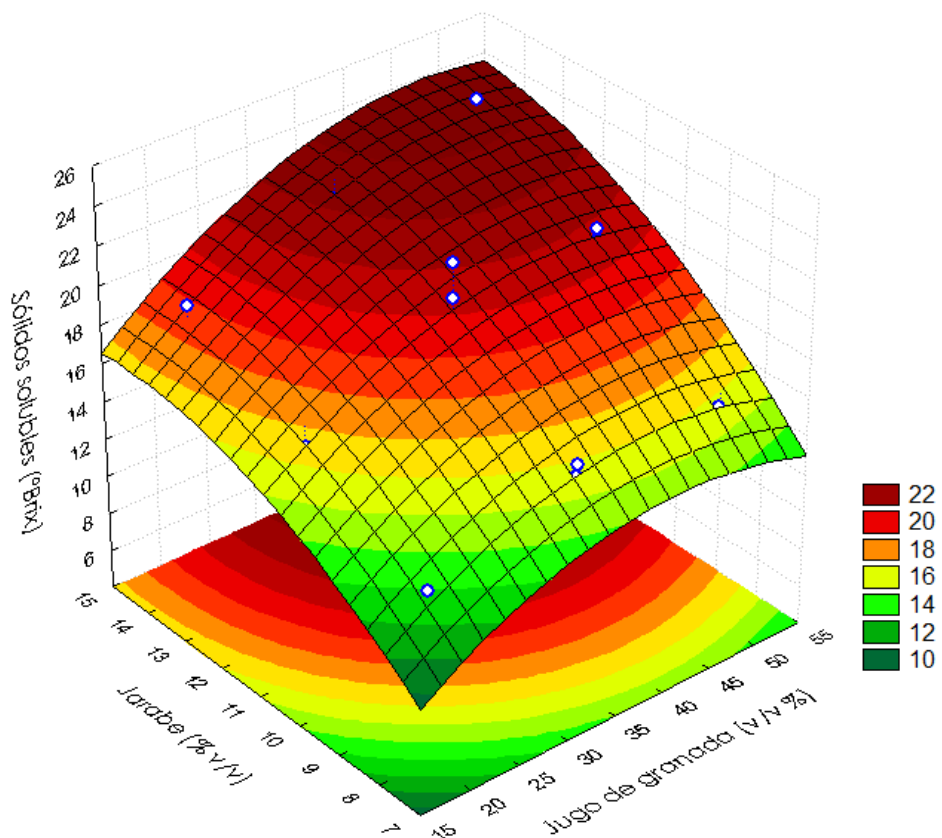


Figura 16. Curvas de nivel estimadas para los sólidos solubles al nivel constante de 3 atm de presión

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

La Figura 17 de curvas de nivel para las variables jugo de granada y presión de CO₂ construida con el modelo ajustado de regresión, muestra que a mayor volumen de jugo de granada, mayores serán los valores de S.S. independientemente del nivel de presión de CO₂ sometida a la bebida. La superficie resultante es tipo montaña, pues muestra una región de máxima respuesta (21 °Brix) sesgada al mayor nivel de jugo.

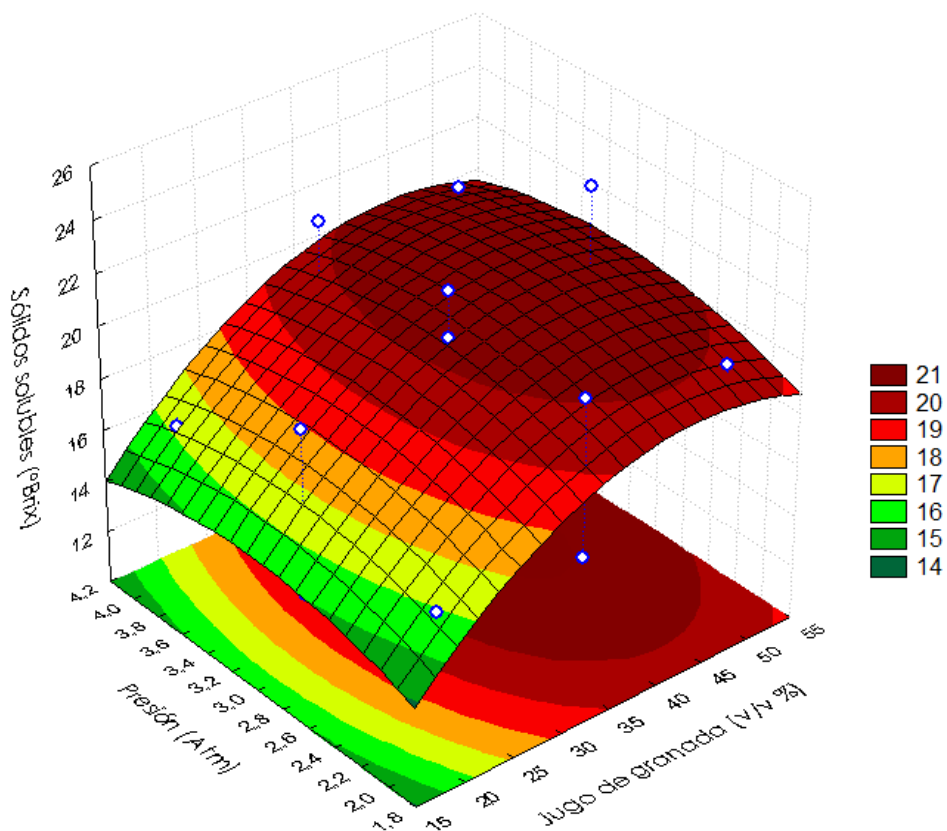


Figura 17. Curvas de nivel estimadas para los sólidos solubles al nivel constante de 11 % de jarabe

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.3.2 pH

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia. Una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo.

Los resultados promedio del pH final de la bebida carbonatada (Tabla 7) se sometieron a análisis en función a los niveles de los factores de proceso y se determinó que los coeficientes del modelo que relaciona los datos del comportamiento del pH es el siguiente:

$$\text{pH: } Y_2 = 2,71389 + 0,00805556*X_1 + 0,000111111*X_1^2 + 0,00972222*X_2 + 0,00277778*X_2^2 + 0,425*X_3 + 0,0*X_3^2 + 0,0*X_1*X_2 - 0,005*X_1*X_3 - 0,025*X_2*X_3$$

Del análisis de efectos de los coeficientes (Anexo 4a) y del diagrama de Pareto (Figura 18) se determinó que ninguno de los coeficientes del modelo que relaciona a las variables obtuvieron valores p inferiores a 0,05 (nivel de significancia) en consecuencia se considera que individualmente

los coeficientes del modelo completo para el pH final no presentan mayor influencia.

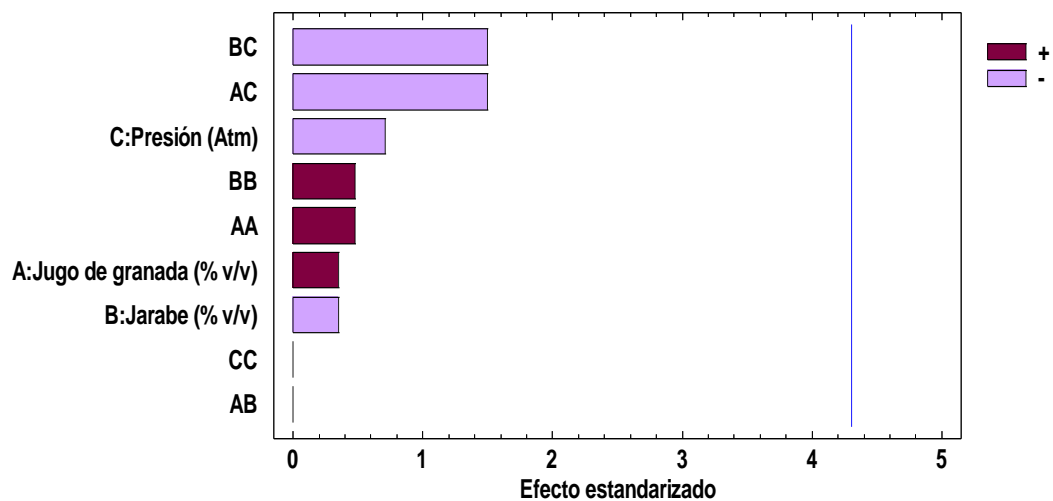


Figura 18. Diagrama de Pareto estandarizada para el pH
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Asimismo, el análisis de varianza (Anexo 4) que evaluó al modelo de regresión en su totalidad, determinó un error mayor al nivel de significancia ($0,519 > 0,05$), falta de ajuste no significativo (0,7615) y un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0,636, parámetros no suficientes para que el modelo sea útil para explicar el comportamiento del pH final y que a través de la construcción de las curvas de nivel o superficie de respuesta en la que gráficamente se visualiza el efecto de los factores en estudio sobre la variabilidad del pH de la bebida carbonatada.

La Figura 19 de curva de nivel construida con el modelo, describe la posible tendencia de la variabilidad del pH de la bebida carbonatada a través de la intensidad en color rojo para los valores máximos y en verde los de menor valor de pH; el resultado es una superficie tipo valle, pues se muestra una región de valor de pH mínima estimada con 3,5 cercana a los niveles centrales de estudio.

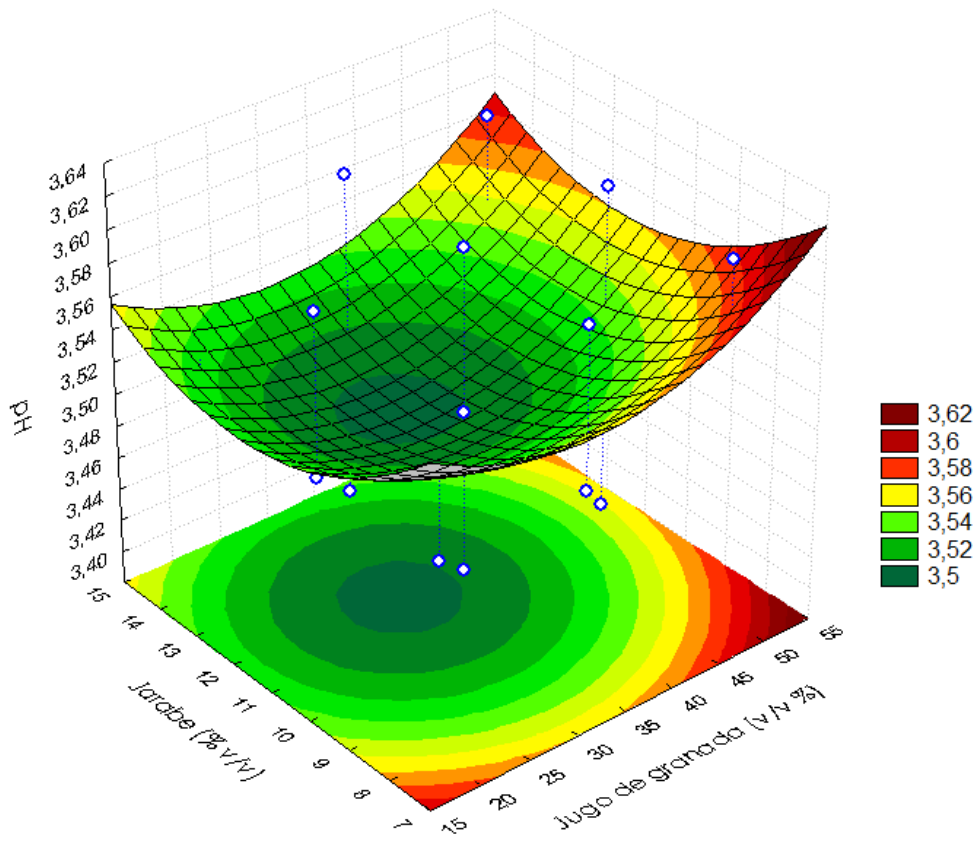


Figura 19. Curvas de nivel estimadas para el pH al nivel constante de 3 atm de presión.

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

La Figura 20 de curva para las variables jugo de granada y presión de CO₂ construida con el modelo ajustado de regresión, describe que cuando mayor sea el volumen de jugo de granada añadida mayores serán los valores de S.S. en la bebida independientemente del nivel de presión de CO₂ sometida a la bebida. El resultado es una superficie tipo silla, pues se muestra regiones de mínima (3,45) y máxima respuesta (3,65).

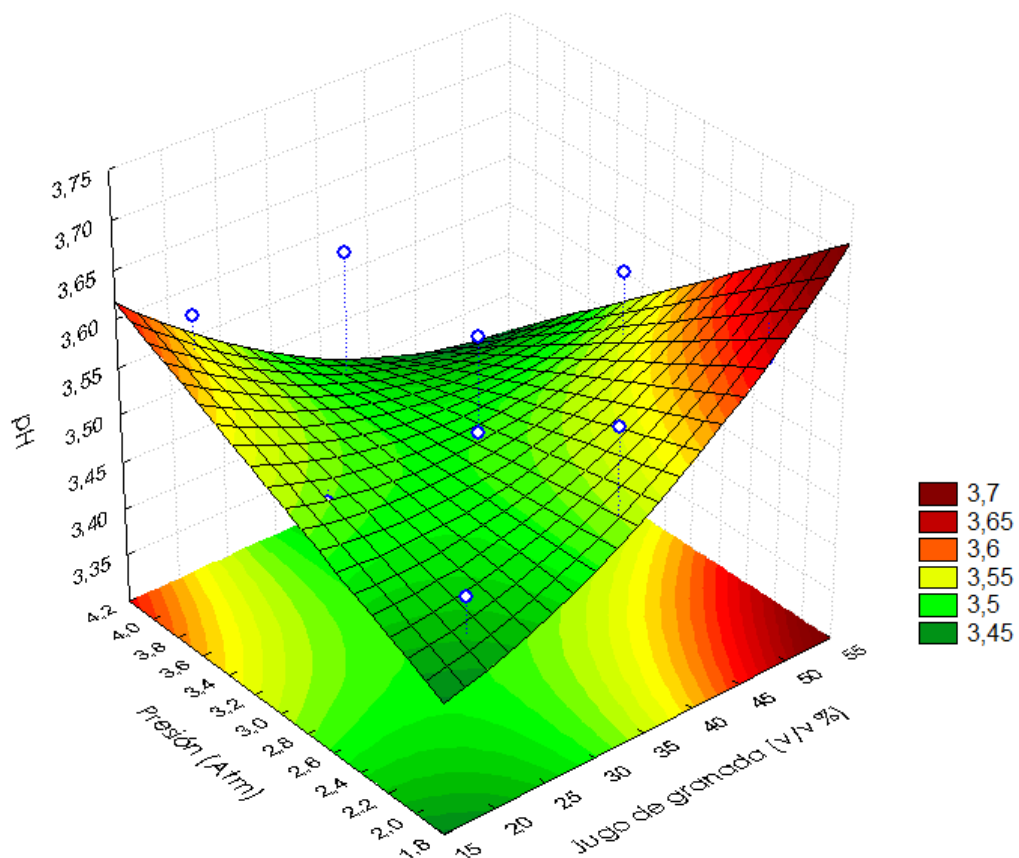


Figura 20. Curvas de nivel estimadas para el pH final de la bebida carbonatada nivel constante de 11 % de jarabe
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

5.3.3 Acidez

La acidez titulable, mide la cantidad de álcali (ml NaOH 0,1 N) necesario para neutralizar los ácidos libres en 1 gramo de muestra. Se puede expresar en porcentaje de ácido cítrico o como gramos de ácido cítrico por litro de solución.

Con los resultados promedio de la acidez de la bebida carbonatada (Tabla 7) se realizó el análisis en función a los niveles de los factores de proceso y del análisis de coeficientes se determinó la ecuación con niveles reales del modelo ajustado que relaciona los datos de la variabilidad de la acidez de la bebida y es el siguiente:

$$\text{Acidez (\% p/v): } Y_3 = 0,0634333 - 0,000553333*X_1 + 0,0000146667*X_1^2 - 0,00695*X_2 + 0,000133333*X_2^2 + 0,04555*X_3 - 0,0066*X_3^2 + 0,000153333*X_1*X_2 - 0,0008*X_2*X_3$$

Asimismo, del análisis de Pareto (Figura 21) se determinó que solo el coeficiente lineal del jugo de granada obtuvo un valor p inferior a 0,05 (nivel de significancia), en consecuencia se les puede considerar que individualmente los demás coeficientes no presentaron mayor influencia sobre la acidez titulable.

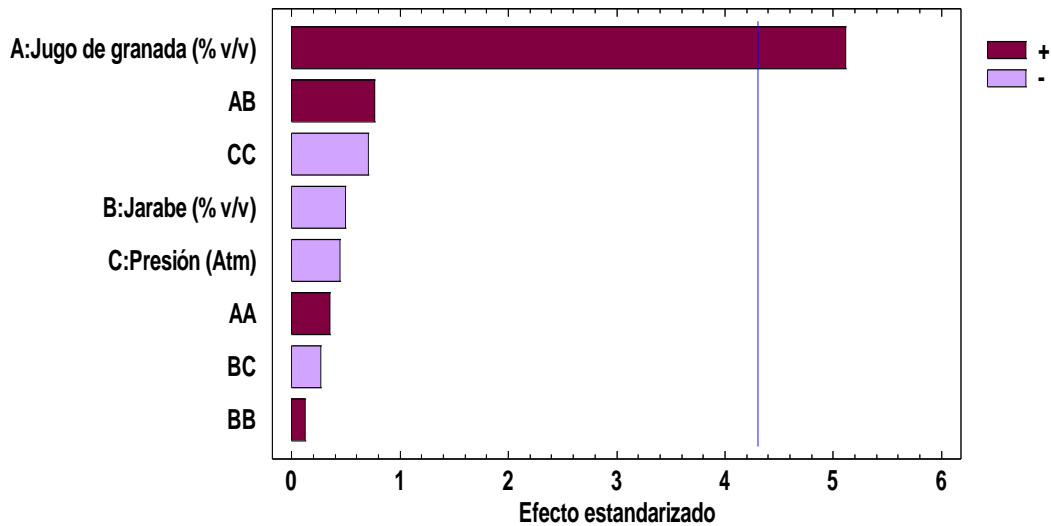


Figura 21. Diagrama de Pareto estandarizada para la acidez
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Dicho modelo matemático hallado representa adecuadamente los datos experimentales pues según el análisis de varianza (Anexo 5b) presenta un valor (0,016), inferior al error permitido (0,05), además un coeficiente de determinación ajustado (R^2) es 0,765 valor muy cercano a 1 (Anexo 5) y falta de ajuste no significativo (0,8710). Por lo tanto el modelo hallado es útil para efectos de explicar el comportamiento de la acidez final dentro del rango valores de estudio.

La Figura 22 de curva de nivel construida con el modelo ajustado de regresión, muestra la tendencia de la variabilidad de la acidez de la bebida carbonatada a través de la intensidad de las regiones en colores entre

valores de mayor acidez en color rojo y verde la de menor valor. Muestra que a medida que se incrementa el jugo de granada también aumenta el valor de la acidez de la bebida carbonatada. También se evidencia que mayores niveles de jarabe minimizan el valor de la acidez, es decir, diluyen su concentración hasta un estimado de 0,06%.

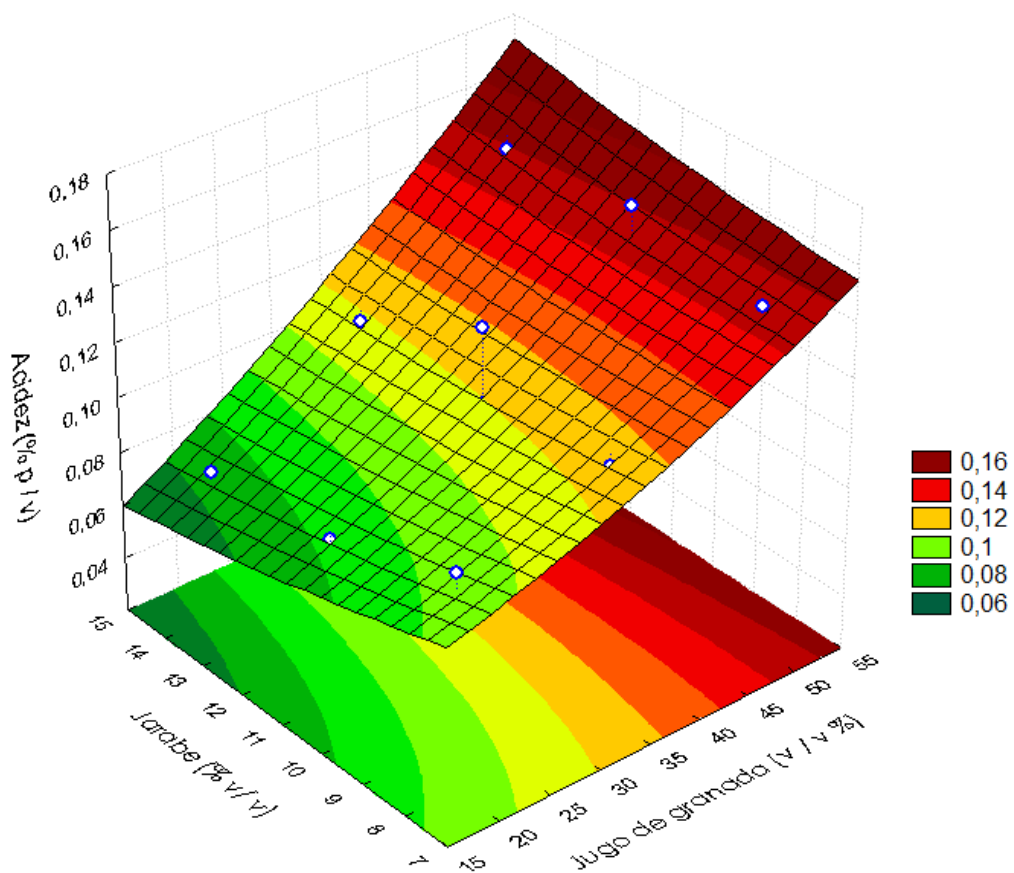


Figura 22. Curvas de nivel estimadas para la acidez al nivel constante de 3 atm de presión

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

Asimismo en la Figura 23 de curva de nivel para las variables jugo de granada y presión de CO₂ se describe de como a medida que se incrementa el jugo de granada también aumenta la concentración de acidez alcanzando máximos estimados de 0,16% independientemente del nivel de presión de CO₂ sometida a la bebida. El resultado es una superficie inclinada, con regiones de mínima y máxima respuesta que sigue al eje de las concentraciones de jugo de granada.

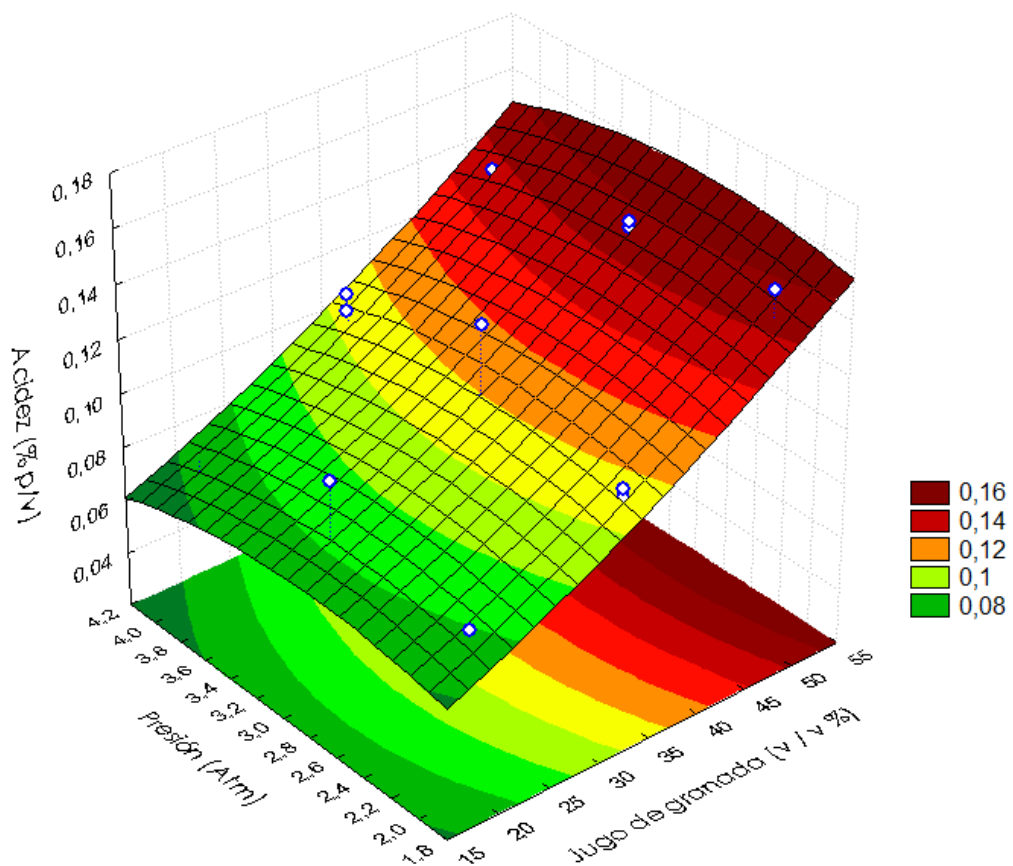


Figura 23. Curvas de nivel estimadas para la acidez de la bebida carbonatada nivel constante de 11 % de jarabe
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

5.3.4 Polifenoles solubles totales

De los resultados promedio de los polifenoles solubles totales de la bebida carbonatada (Tabla 8) se realizó el análisis en función a los niveles de las variables de proceso; y del análisis de coeficientes se determinó para los niveles reales, el modelo ajustado que relaciona los datos de la variabilidad del contenido de polifenoles de la bebida es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Polifenoles (mg/L)} \quad Y_4 = & 505,461 + 7,1518*X_1 + 0,052506*X_1^2 - 21,4386*X_2 + \\ & 2,14432*X_2^2 + 55,6792*X_3 - 0,534611*X_1*X_2 - 0,950833*X_1*X_3 - \\ & 2,0875*X_2*X_3 \end{aligned}$$

Asimismo, del análisis de Pareto (Figura 24) se determinó que a excepción de los coeficientes lineales de jarabe y presión así como su efecto combinado, todos los demás coeficientes obtuvieron un valor p superior a 0,05 (nivel de significancia), en consecuencia se puede considerar que individualmente todos los demás coeficientes si presentaron mayor influencia sobre la variabilidad de los polifenoles solubles totales.

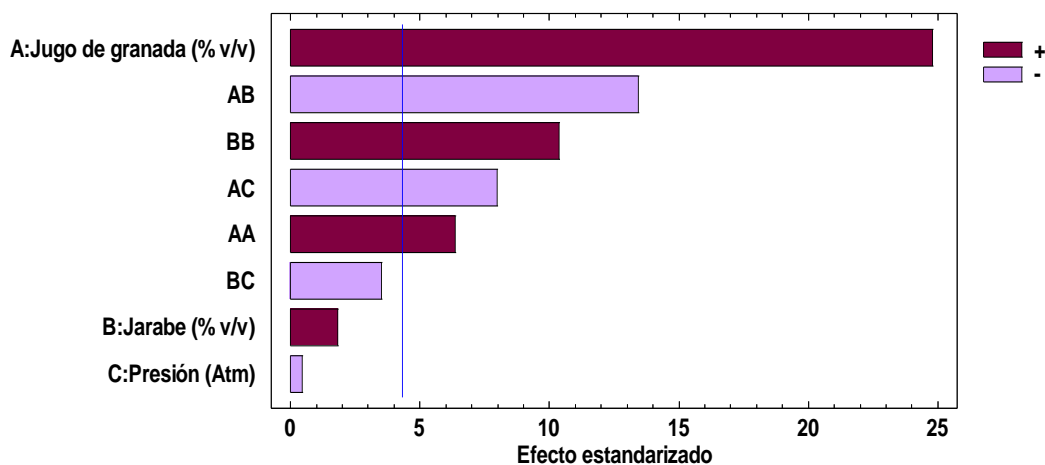


Figura 24. Diagrama de Pareto estandarizada para el contenido de polifenoles

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Se procedió a verificar si el modelo de regresión ajustado era el adecuado para predecir el comportamiento de la variabilidad de los polifenoles solubles totales en la región en estudio y en vista de los datos obtenidos en el análisis de varianza, el modelo ajustado (Anexo 6) reportó con un p-valor de 0,0037 que es menor al nivel de significancia del 5 % con falta de ajuste no significativa de 0,0612 y además de presentar un coeficiente de determinación ajustado de 0,861 es decir, podemos considerar que el modelo ajustado de la superficie de respuesta se aproxima en un 86,1% de los datos en la región experimental, demostrando que es posible graficar la superficie de respuesta y/o curvas de nivel para explicar de manera confiable su comportamiento.

En la Figura 25 de curva de nivel para las variables: jugo de granada y jarabe, se describe de como a medida que se incrementa el jugo de granada pero con menor concentración de jarabe también aumenta la concentración de polifenoles, estimando un máximo de 760 mg/L. El resultado es una superficie inclinada, con regiones de mínima y máxima respuesta que sigue al eje de las concentraciones de jugo de granada.

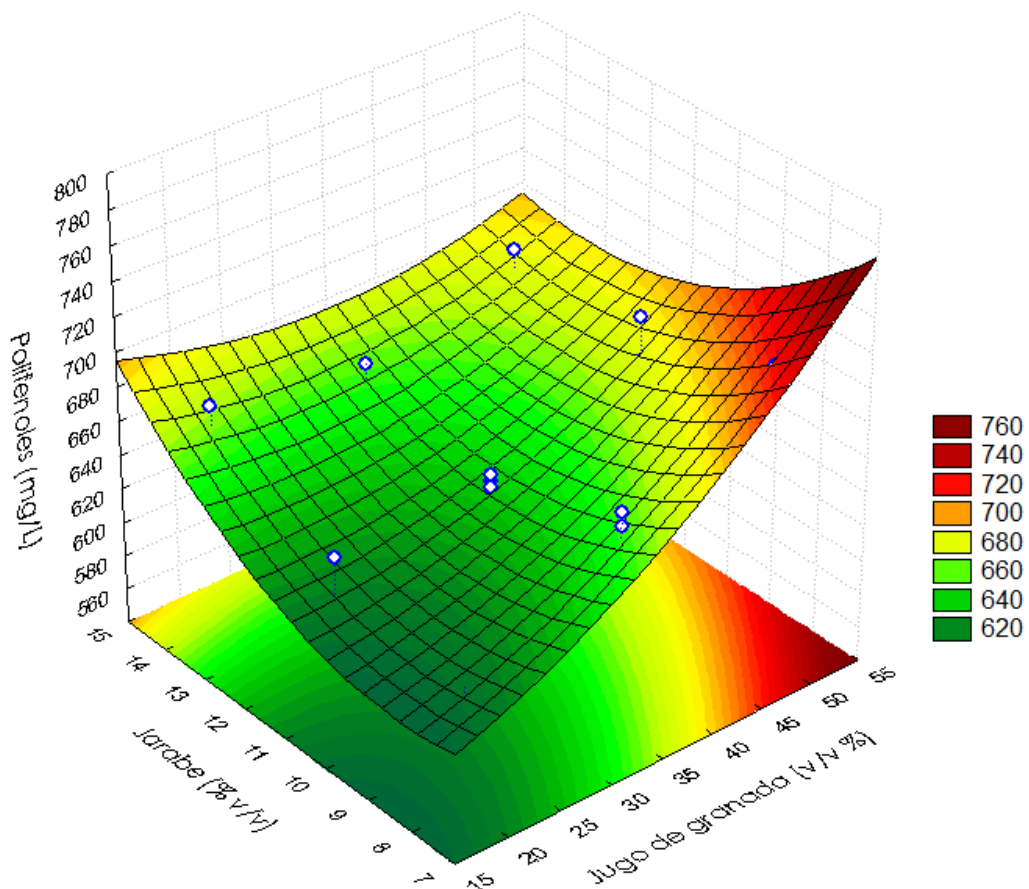


Figura 25. Curvas de nivel estimadas para el contenido de polifenoles solubles al nivel constante de 3 atm de presión
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

Y en la Figura 26 de curva de nivel para las variables jugo de granada y presión de CO₂ se describe de como a medida que se incrementa el jugo de granada también aumenta la concentración de polifenoles alcanzando máximos estimados de 720 mg/L pero a menores niveles de presión de CO₂ sometida a la bebida. El resultado es una superficie inclinada, con regiones de mínima y máxima respuesta que varía significativamente al eje de las concentraciones de jugo de granada.

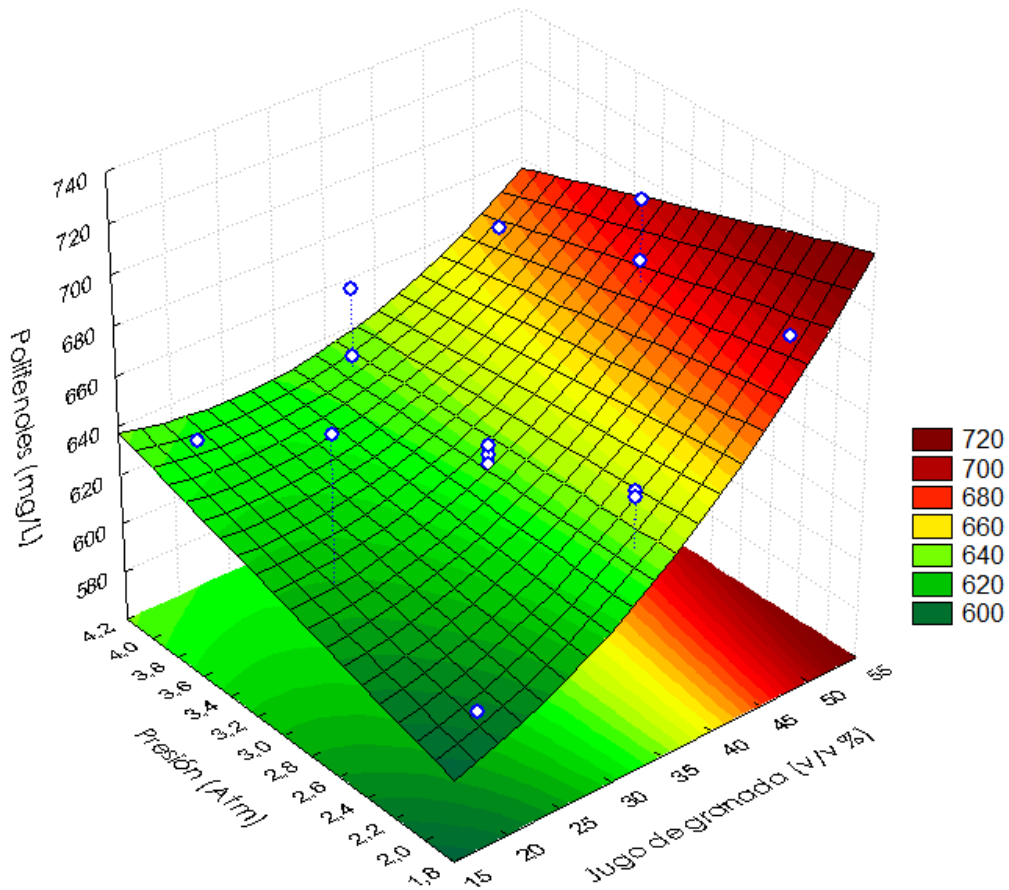


Figura 26. Curvas de nivel estimadas para los polifenoles solubles de la bebida carbonatada a nivel constante de 11 % de jarabe
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.3.5 Volumen de dióxido de carbono (CO₂)

Es el volumen de CO₂ que absorbe el agua a presión atmosférica normal (101 325 kPa = 760 mm Hg= 1 atm) y a la temperatura de 15,56° C. Con los resultados promedio de los porcentajes de volúmenes de CO₂ de la bebida carbonatada (Tabla 6) se realizó el análisis en función a los niveles de los factores de proceso. El análisis de coeficientes determinó que para los niveles reales, el modelo ajustado que relaciona los datos de la variabilidad comportamiento del volumen de CO₂ es el siguiente:

$$\text{Volumen CO}_2 \text{ (\% v/v): } Y_5 = -3,56907 + 0,244926*X_1 - 0,00192593*X_1^2 + \\ 0,413287*X_2 - 0,00564815*X_2^2 - 0,239583*X_3 + 0,224167*X_3^2 - \\ 0,00805556*X_1*X_2 - 0,00983333*X_1*X_3 - 0,025*X_2*X_3$$

Asimismo, del análisis de Pareto (Figura 27) se determinó que el coeficiente lineal de la presión del CO₂, el coeficiente cuadrático del jugo de granada y el coeficiente de interacción jugo de granada-jarabe obtuvieron un valor p inferior a 0,05 (nivel de significancia) es decir, influyentes en la variabilidad del contenido del volumen de CO₂ en la bebida carbonatada, mientras que a los demás coeficientes se les puede considerar que individualmente no presentaron mayor influencia sobre la acidez titulable.

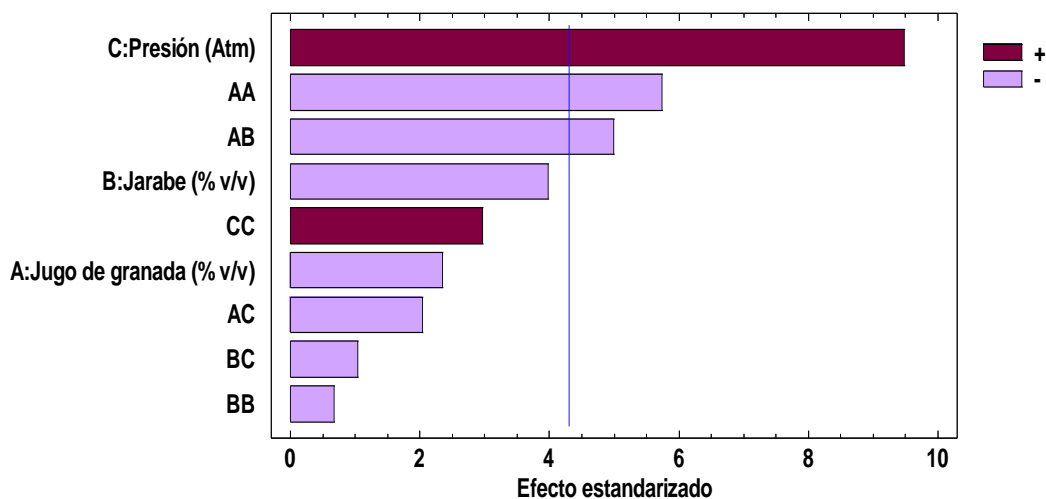


Figura 27. Diagrama de Pareto estandarizada para el volumen del dióxido de carbono

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Se procedió a verificar si el modelo de regresión ajustado era el adecuado para predecir el comportamiento de la variabilidad del volumen de CO₂ en la bebida carbonatada en la región en estudio y en vista de los datos obtenidos en el análisis de varianza, el modelo ajustado (Anexo 7) reportó con un p-valor de 0,0064 que es menor al nivel de significancia del 5 % con falta de ajuste no significativa de 0,3368 y además de presentar un coeficiente de determinación ajustado de 0,879 es decir, podemos considerar que el modelo ajustado de la superficie de respuesta aproxima en un 87,9% de los datos en la región experimental, demostrando que es posible graficar la superficie de respuesta y/o curvas de nivel para explicar de manera confiable su comportamiento.

La Figura 28 de curva de nivel para las variables jugo de granada y jarabe describe una región de máxima respuesta para el contenido del volumen de CO₂ estimada en 3,1% en un rango de 34 a 42 % de jugo de granada pero a condición de tener la menor concentración de jarabe de azúcar (8 %). El resultado es una superficie inclinada tipo cresta, con regiones de mínima y máxima respuesta.

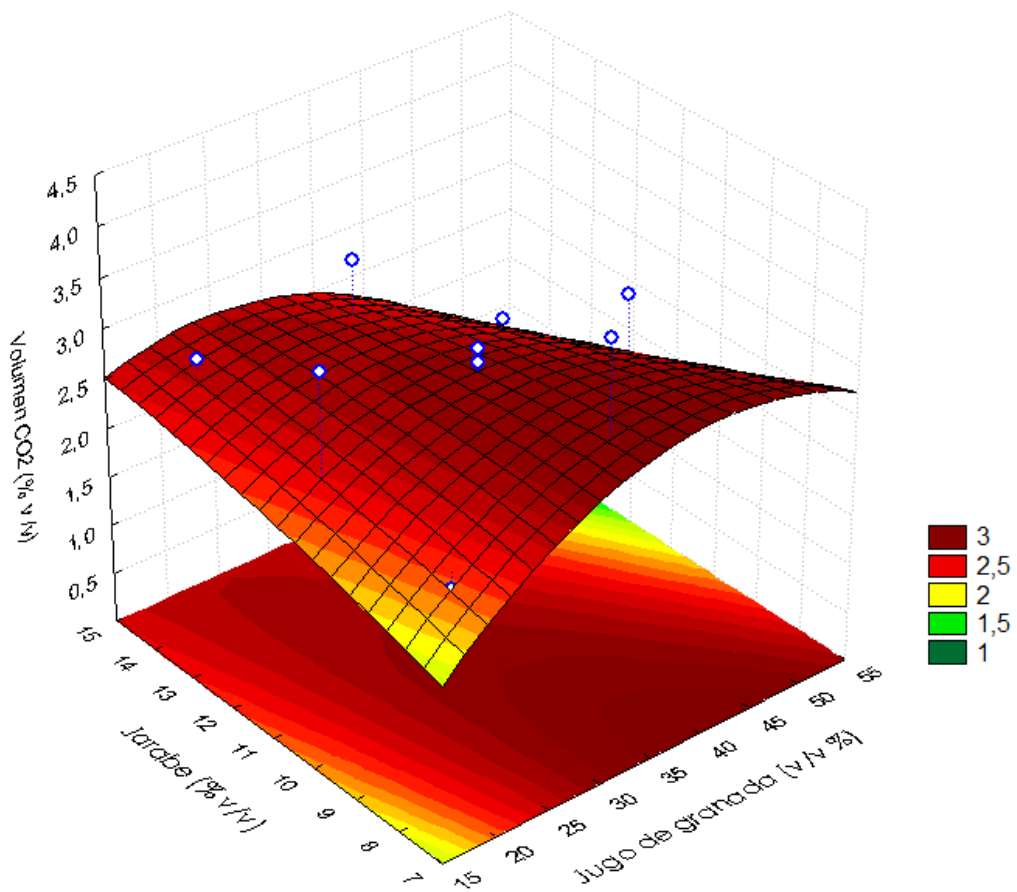


Figura 28. Curvas de nivel estimadas para el volumen del dióxido de carbono al nivel constante de 3 atm de presión
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

En la Figura 29 de curva de nivel para las variables jugo de granada con la presión de llenado del CO₂ se muestra la región de máxima respuesta estimada para el volumen de 3,5% que se ubica cuando el nivel de presión de llenado de CO₂ es el máximo y en un rango de jugo de granada de 20 a 40 %. El resultado es una superficie cóncava inclinada, con regiones de mínima y máxima respuesta que varía significativamente al eje de la presión de CO₂.

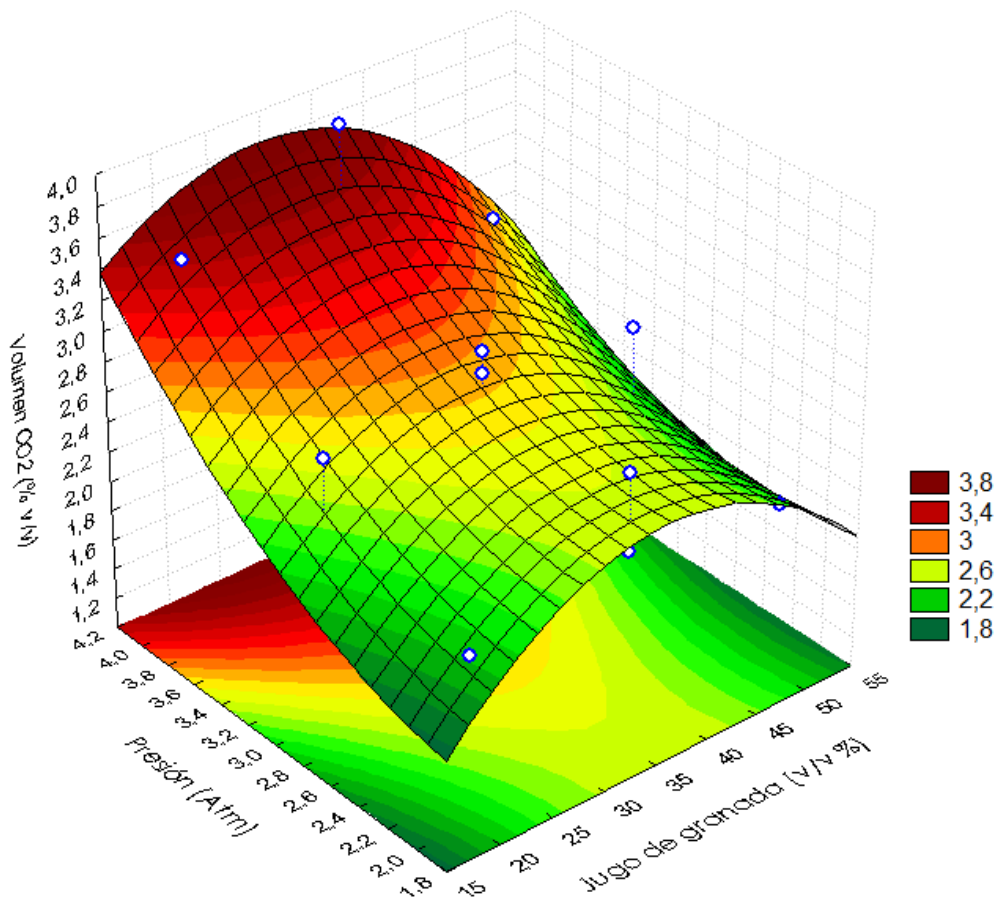


Figura 29. Curvas de nivel estimadas para los polifenoles solubles de la bebida carbonatada a nivel constante de 11 % de jarabe
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.4 Resultados de las características sensoriales

La Tabla 9 muestra los valores promedios de los atributos sensoriales hallados bajo efecto de las variables jugo de granada, jarabe de azúcar y presión de llenado de CO₂, analizados a través de la prueba de aceptabilidad según la escala hedónica estructurada de 9 puntos.

Tabla 9. Análisis de las características sensoriales a través de la prueba de aceptabilidad hedónica de la bebida a base de jugo de granada

Tratamientos	X1: Jugo de granada (%v/v)	X2: Jarabe de azúcar (% v/v)	X3: Presión CO ₂ (atm)	Y6: Color	Y7: Olor	Y8: Sabor	Y9: Apariencia
1	20	8	3	5,08	5,00	6,75	5,75
2	50	8	3	6,25	5,50	6,42	7,27
3	20	14	3	5,33	5,58	6,42	6,08
4	50	14	3	7,33	6,50	6,42	7,00
5	20	11	2	5,25	6,17	6,75	6,08
6	50	11	2	7,08	6,42	6,67	7,00
7	20	11	4	5,00	5,67	6,17	5,83
8	50	11	4	7,50	6,58	6,42	6,42
9	35	8	2	6,58	6,58	7,08	6,33
10	35	14	2	6,33	6,17	7,17	6,33
11	35	8	4	6,08	5,83	6,83	6,58
12	35	14	4	6,33	6,42	6,83	6,42
13	35	11	3	6,50	6,75	6,50	6,92
14	35	11	3	6,08	6,50	6,40	6,67
15	35	11	3	7,17	7,25	6,67	7,42

Fuente: Elaboración propia (2016)

5.4.1 Aceptabilidad del color

Se procedió a verificar si el modelo de regresión completo era el adecuado para predecir el comportamiento de la aceptación sensorial del color en la región en estudio. Y se determinó que el modelo considerando los niveles reales que ajusta los datos de la aceptabilidad del color es la siguiente:

$$Y_{\text{Color}}: Y_6 = 3,20806 + 0,0879444*X_1 - 0,00156667*X_1^2 + 0,33125*X_2 - 0,0255556*X_2^2 - 0,890417*X_3 + 0,00461111*X_1*X_2 + 0,0111667*X_1*X_3 + 0,0416667*X_2*X_3$$

Del análisis de efectos (Anexo 8a) de los coeficientes del modelo de regresión correspondiente a aceptabilidad sensorial del color de la bebida carbonatada, muestra los coeficientes que conforman el modelo ajustado. Los efectos significativos se establecieron según el nivel de significancia del 5 % y se representan gráficamente en el diagrama de Pareto de la Figura 30 de esta manera observamos el valor de aquellos coeficientes que son menores al 5 % de significancia, rechazan la hipótesis nula de que sean iguales a cero, es decir son significativos en la variación de la aceptabilidad del color de la bebida carbonatada por parte de los panelistas. Donde claramente se destaca al jugo de granada como el principal factor que contribuye a la variabilidad significativa de la aceptabilidad del color.

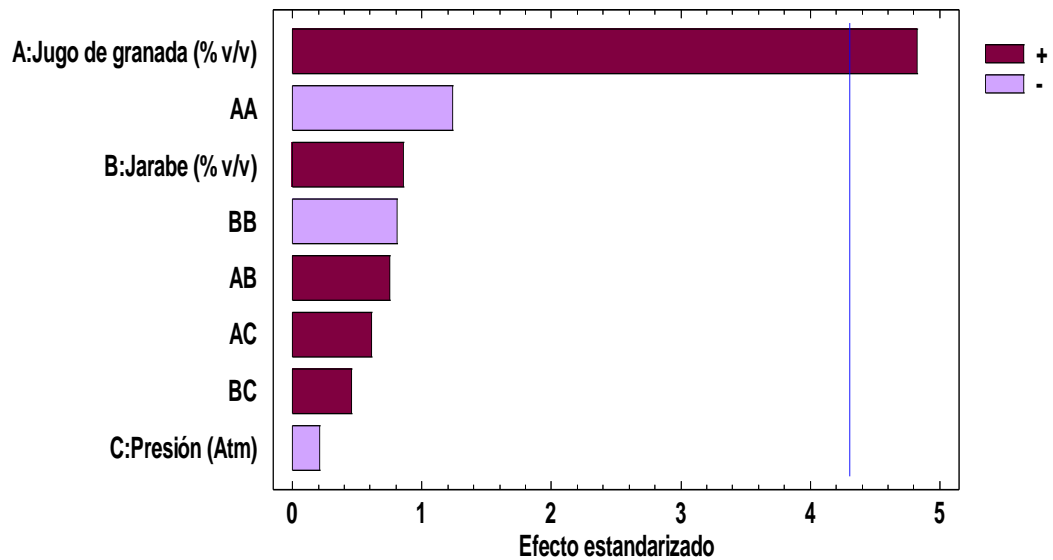


Figura 30. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del color

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

En vista de los datos obtenidos en el análisis de varianza, se escogió el modelo ajustado (Anexo 8b) con un p-valor de 0,0223 que es menor al nivel de significancia del 5 % con falta de ajuste no significativa de 0,8192 y además de presentar un coeficiente de determinación ajustado de 0,7356 es decir; podemos considerar que el modelo ajustado de la superficie de respuesta se aproxima en un 73,56% de los datos en la región experimental, demostrando que es posible graficar la superficie de respuesta y/o curvas de nivel para explicar de manera confiable su comportamiento.

La Figura 31 de curvas de nivel relaciona la variable jugo de granada con la variable jarabe sobre el comportamiento o tendencia en la aceptación del color, visualizando las regiones en donde dicha aceptabilidad se hace máxima, como es la región en color rojo o mínima como es la región en verde. Se evidencia una región donde la preferencia por el color se hace máxima cuando se procesa a mayor nivel de jugo de granada en la bebida carbonatada, pero bajo el contexto de estar a un nivel de jarabe superior al nivel central.

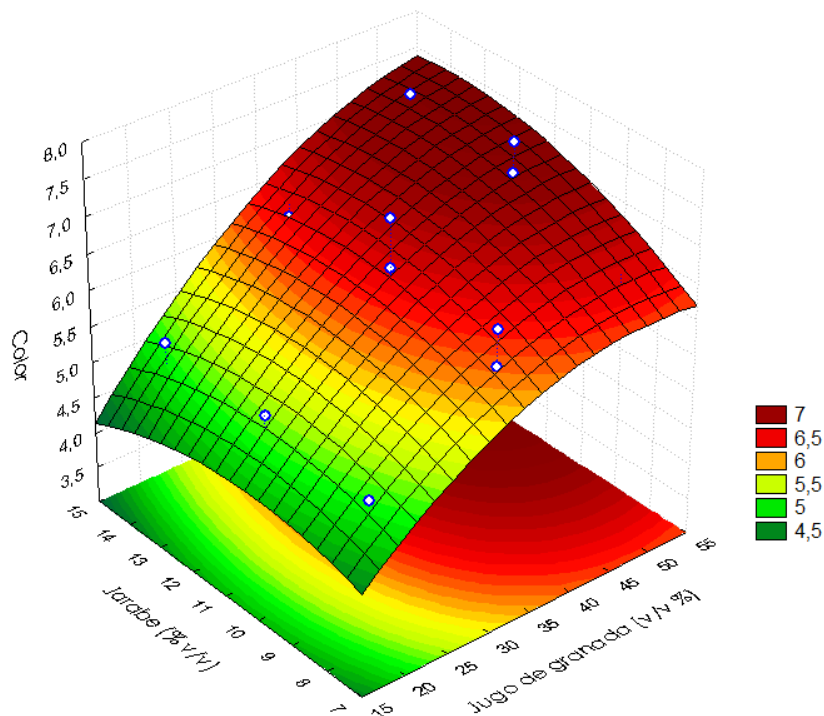


Figura 31. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del color al nivel constante de 3 atm de presión
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

La Figura 32 de curvas de nivel relaciona la variable jugo de granada con la variable presión de llenado de CO₂, sobre el comportamiento en la aceptación del color, visualizando las regiones en donde dicha aceptabilidad se hace máxima, como es la región en color rojo o mínima como es la región en verde. Se muestra que la aceptabilidad es mayor mientras mayor sea el nivel de concentración de jugo de granada, en dicho comportamiento es mínima la probabilidad de influencia del factor presión.

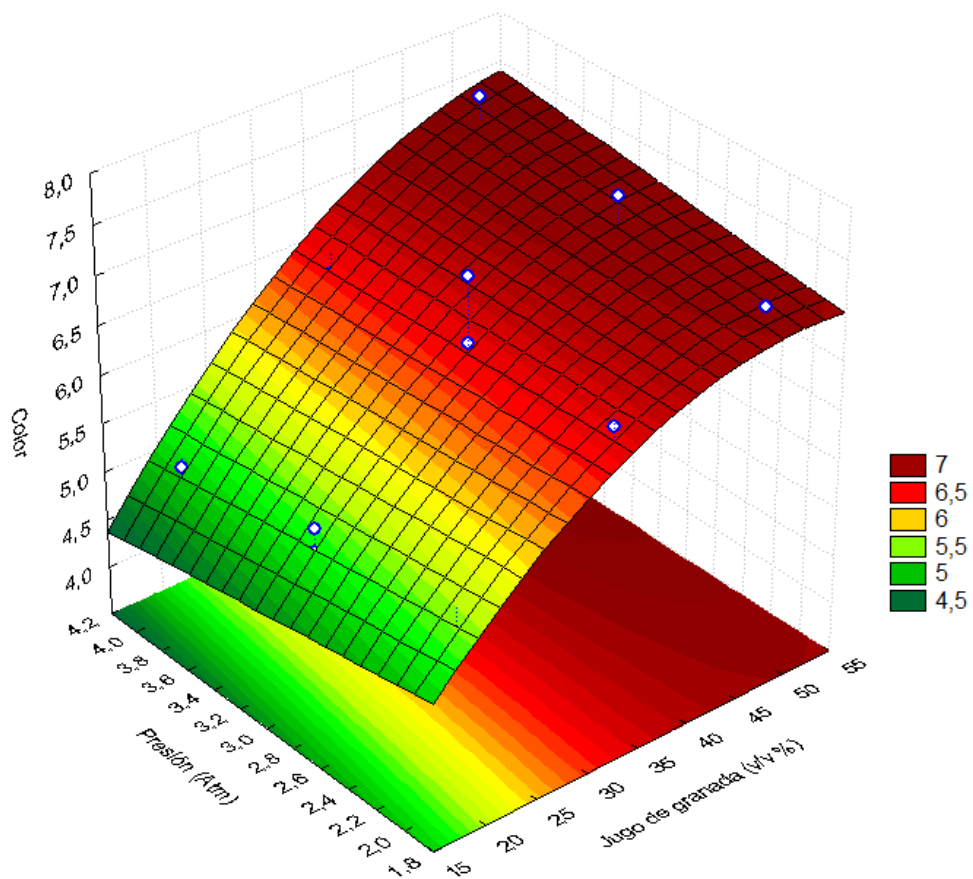


Figura 32. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del color al nivel constante de 11 % de jarabe
 Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.4.2 Aceptabilidad del olor

Se procedió a ajustar el modelo completo (Anexo 8b) y verificar si es adecuado para predecir el comportamiento de la aceptabilidad del olor en la región de estudio. Y se determinó que el modelo para los niveles reales que ajusta los datos de la aceptabilidad del olor es la siguiente:

$$Y_{\text{olor}}: Y7 = -0,66297 + 0,153688*X_1 - 0,0027265*X_1^2 + 1,14346*X_2 - 0,0637179*X_2^2 - 1,40667*X_3 + 0,00233333*X_1*X_2 + 0,011*X_1*X_3 + 0,0833333*X_2*X_3$$

Del análisis efectos (Anexo 9a) de los coeficientes de dicho modelo de regresión ajustada correspondiente a la aceptabilidad sensorial del olor de la bebida gasificada se muestra que no son significativos para el nivel de significancia del 5 % tal como se muestra gráficamente en el diagrama de Pareto de la Figura 33. De esta manera estos coeficientes menores al 5 % de significancia, no rechazan la hipótesis nula y no se puede considerar que sean diferentes de cero, es decir no son significativos para explicar la variación de la aceptabilidad del olor de la bebida carbonatada a base de granada.

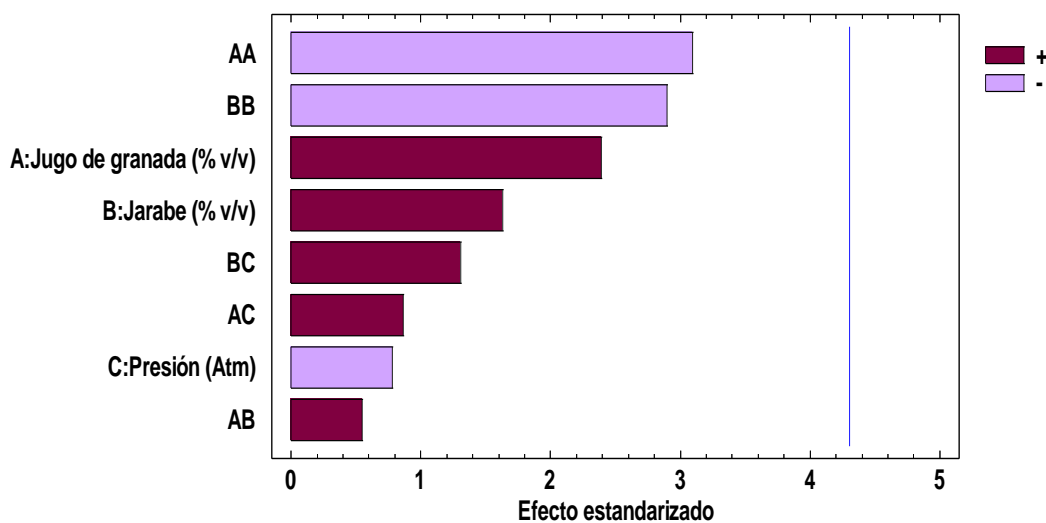


Figura 33. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del olor

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Sin embargo, en vista de los datos contenidos en el análisis de varianza, con un p valor de 0,0242 que es menor al nivel de significancia del 0,05 de significancia y con falta de ajuste no significativa de 0,7806 y además presenta un coeficiente de determinación ajustado de 0,7278; se puede considerar que el modelo ajustado es una buena aproximación de la superficie de respuesta en la región experimental, y por tanto puede utilizarse el modelo ajustado para graficar las figuras de contornos y/o superficie.

La Figura 34 de curvas de nivel muestra el comportamiento tipo montaña, donde la tendencia en la aceptación del olor bajo el efecto de las variables jugo de granada y jarabe se ha visualizando a través de las regiones en donde dicha aceptabilidad se hace máxima como es la región

en color rojo y mínima como es la región en verde. La superficie resultante es de tipo montaña, muestra que la preferencia por el olor alcanza un máximo estimado de 6,8 en la escala hedónica estructurada de 9 puntos, calificando como me gusta algo.

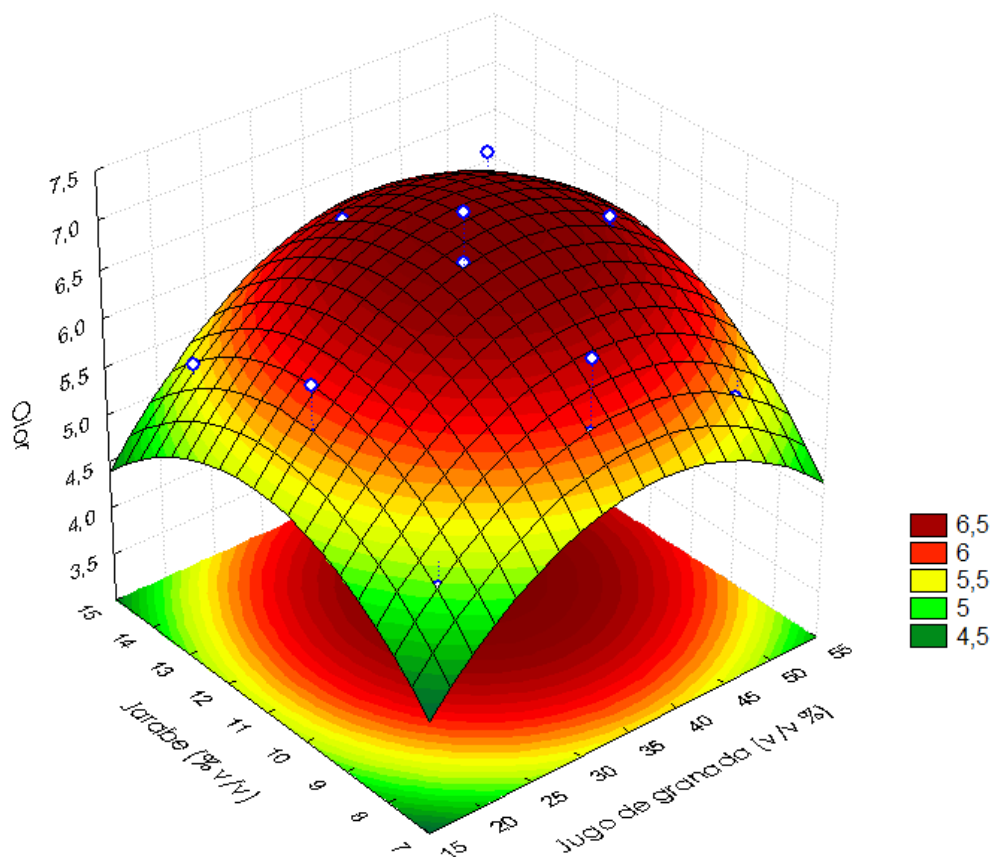


Figura 34. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del olor, a nivel constante de 3 atm de presión de CO₂
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

La Figura 35 de curvas de nivel muestra el comportamiento tipo montaña, donde la tendencia en la aceptación del olor bajo el efecto de las variables jugo de granada y jarabe se ha visualizando a través de las

regiones en donde dicha aceptabilidad se hace máxima como es la región en color rojo y mínima como es la región en verde. Y muestra que la preferencia por el olor alcanza un máximo estimado de 6,8 en la escala hedónica estructurada de 9 puntos, calificando como me gusta algo.

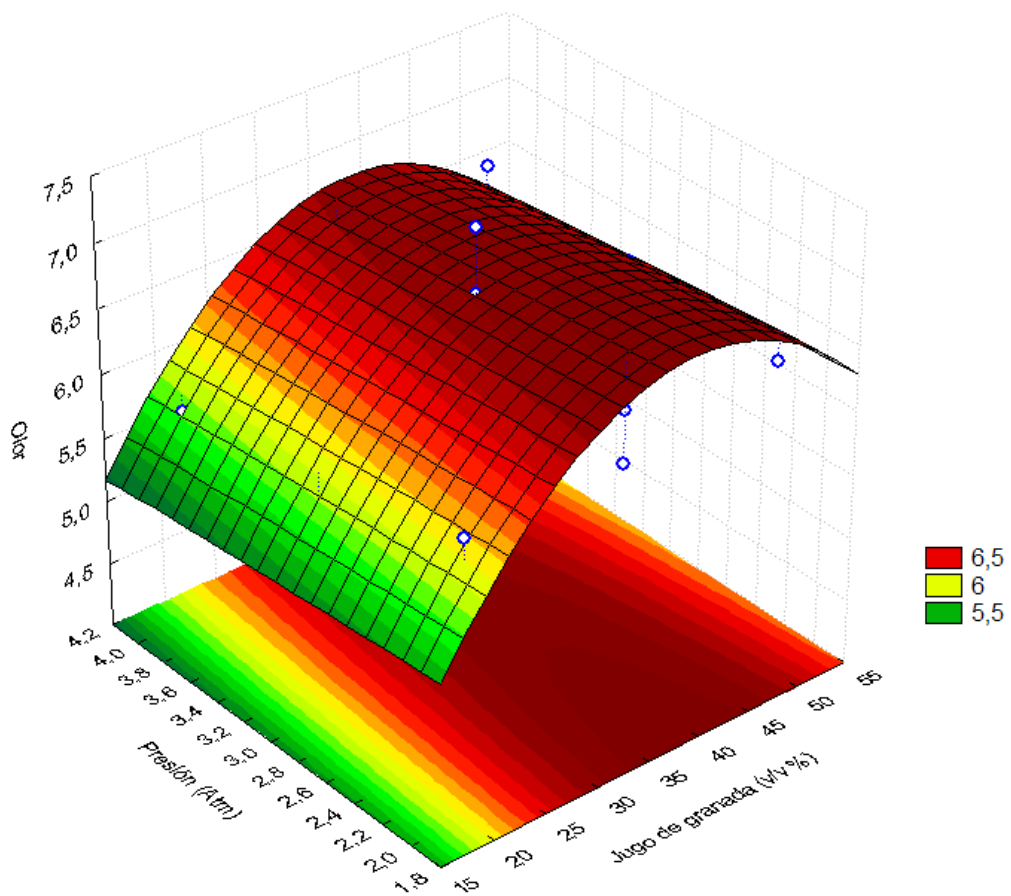


Figura 35. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del olor al nivel constante de 11 % de jarabe
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.4.3 Aceptabilidad del sabor

Con el análisis de efectos de los coeficientes del modelo de regresión correspondiente a la aceptabilidad sensorial del sabor (Anexo 9a), estableció que, el modelo considerando los niveles reales, que ajusta los datos de la aceptabilidad del sabor es la siguiente:

$$Y_{\text{Sabor}}: Y_8 = 12,2428 + 0,0391296*X_1 - 0,00110185*X_1^2 - 0,629259*X_2 + 0,0252315*X_2^2 - 1,7325*X_3 + 0,00183333*X_1*X_2 + 0,0055*X_1*X_3 + 0,227083*X_3^2$$

Los efectos de aquellos coeficientes que sean mayores al 5 % de significancia, lleva a aceptar la hipótesis nula de que dichos coeficientes del modelo establecido no son diferentes de cero, es decir no son significativos en la variación de la aceptabilidad del sabor de la bebida gasificada. Y tal como se observa en el anexo 10, ningún efecto resultó muy con valor p inferior a 0,05, y por tanto ningún coeficiente de ninguna variable resultó importante o significativo para explicar la variabilidad de la aceptabilidad del sabor. Dichos efectos se muestra gráficamente en el diagrama de Pareto de la Figura 36 no reportan claramente mayor influencia estadística.

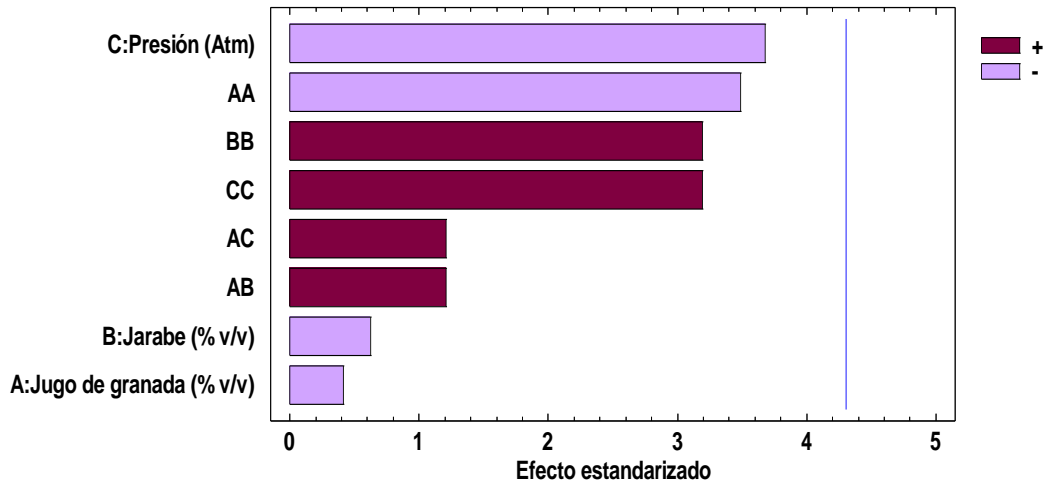


Figura 36. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad del sabor

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Sin embargo, el análisis de varianza del modelo ajustado reportó un p valor de 0,0264 que es menor al nivel de significancia del 5 %: además resultó con un valor de falta de ajuste no significativa de 0,0823 y presenta un coeficiente de determinación ajustado (R^2 adj) del 0,7811 y podemos considerar que el modelo ajustado es una buena aproximación de la superficie de respuesta en la región experimental en que estamos trabajando y como el test de significación genera un valor p significativo (0,0133), la información obtenida del modelo, puede utilizarse y graficar las figuras de contornos y superficie.

La Figura 37 de curvas de nivel muestra el comportamiento tipo silla, donde la tendencia en la aceptación del sabor se hace máxima cuando presenta en mayor o menor nivel de jarabe, mientras que los menores valores son a mayor o menor niveles de jugo de granada. El máximo estimado de 6,9 en la escala hedónica estructurada de 9 puntos, calificando como me gusta algo.

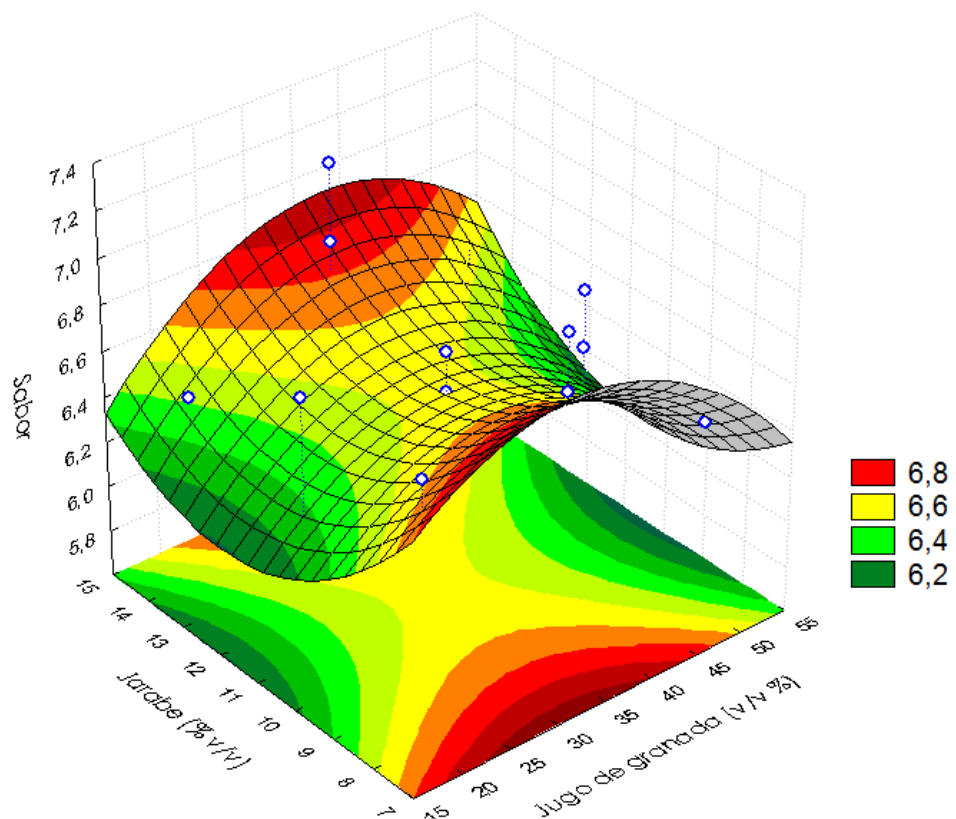


Figura 37. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del sabor, al nivel constante de 3 atm de presión de CO_2
Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

La Figura 38 de curvas de nivel también muestra un comportamiento tipo silla, donde la tendencia en la aceptación del sabor se hace máxima solo a menor nivel de presión de llenado, mientras que los menores valores son a mayor o menor niveles de jugo de granada. El máximo estimado de 7 en la escala hedónica estructurada de 9 puntos, calificando como me gusta algo.

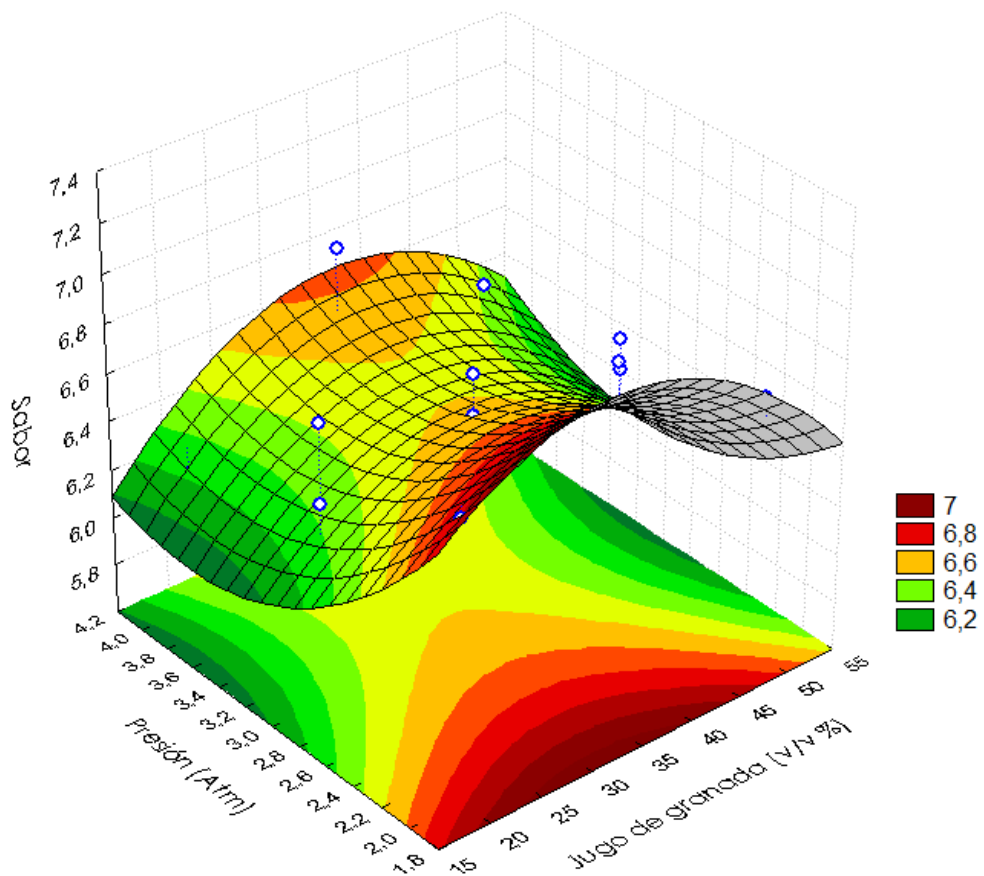


Figura 38. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad del sabor al nivel constante de 11 % de jarabe

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.4.4 Aceptabilidad de la apariencia

Se verificó un modelo adecuado para relacionar el comportamiento de la apariencia en la región de estudio. Y de acuerdo al análisis de coeficientes, el modelo para niveles reales que ajusta los datos de aceptabilidad para la apariencia es el siguiente:

$$Y_{\text{Apariencia}}: Y_9 = -2,90384 + 0,156824*X_1 - 0,0012463*X_1^2 + 0,596296*X_2 - 0,0219907*X_2^2 + 2,28125*X_3 - 0,390417*X_3^2 - 0,00333333*X_1*X_2$$

El análisis de efectos de los coeficientes del modelo de regresión correspondiente a la aceptabilidad sensorial de apariencia (Anexo 11a), de la bebida carbonatada, muestra que los efectos más importantes corresponden al efecto lineal del jugo y efecto cuadrático de la presión del gas suministrado. Dichos efectos significativos se analizaron al nivel de significancia del 5 % tal como se muestra gráficamente en el diagrama de Pareto de la Figura 39.

De esta manera en aquellos coeficientes que sean menores al 5 % de significancia, se afirma que rechazan la hipótesis nula, pero puesto que ningún efecto resultó menor a 0,05 se podrán considerar que no son

significativos en la variación de la aceptabilidad sensorial de la consistencia de la bebida carbonatada.

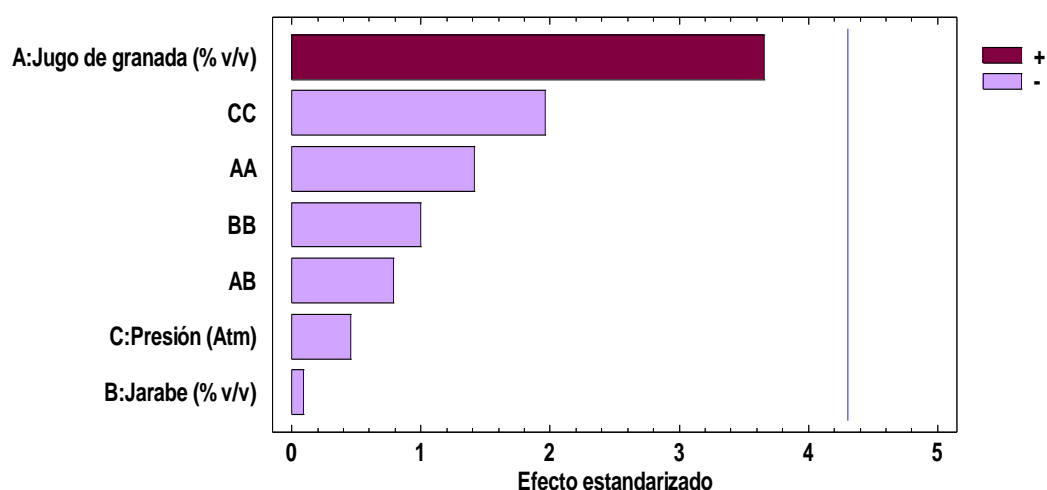


Figura 39. Diagrama de Pareto estandarizada para la aceptabilidad de la apariencia

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software Statgraphics XVI

Y los resultados obtenidos en el análisis de varianza del modelo ajustado, con un p valor de 0,0272 que es menor al nivel de significancia del 5 % de significancia con falta de ajuste no significativa de 0,8028 y un coeficiente de determinación ajustado del 0,6571 podemos considerar que el modelo ajustado no es suficiente para aproximar los datos a la superficie de respuesta en la región experimental en que estamos trabajando, aunque el test de significación genera un valor p significativo, por tanto la información obtenida del modelo, se utilizará para graficar las figuras de contornos y superficie.

La Figura 40 de curvas de nivel muestra un comportamiento tipo montaña, donde la tendencia en la aceptación de la apariencia se hace máxima a un valor estimado de 7,2; mientras que los menores valores se obtienen cuando se procesa a menores niveles de jugo de granada. El máximo estimado califica a la bebida como me gusta moderadamente.

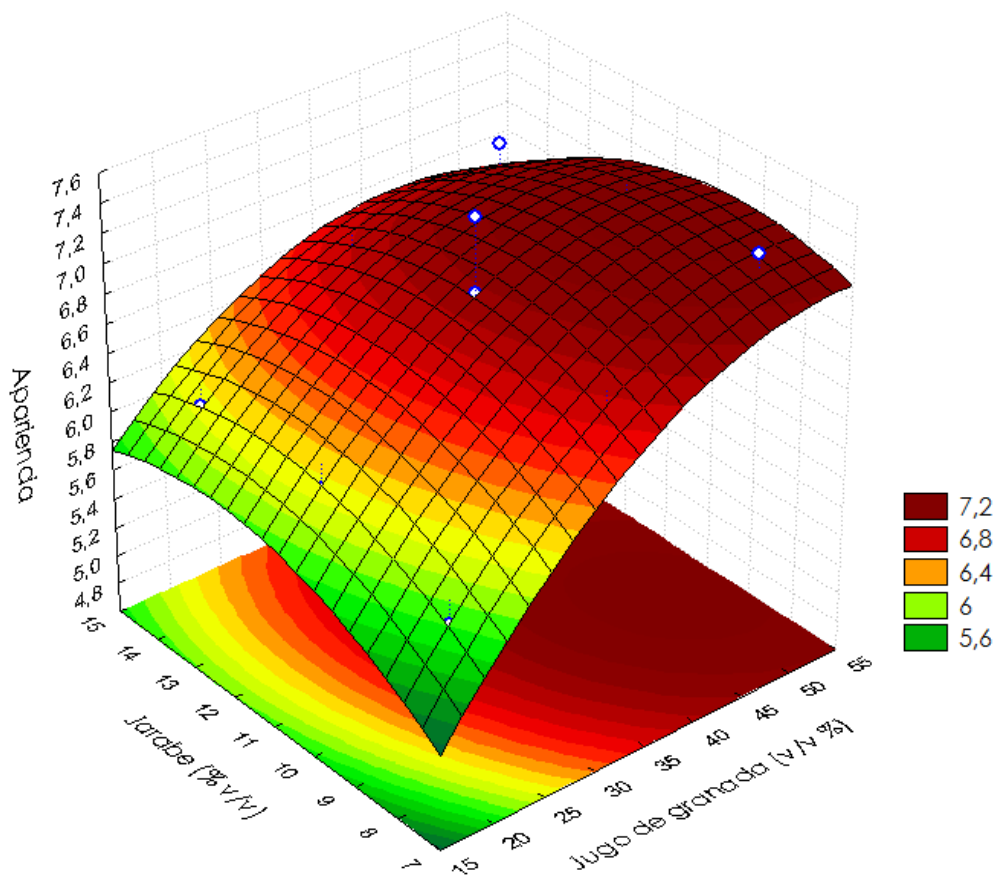


Figura 40. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad de la apariencia al nivel constante de 3 atm de presión de CO₂
 Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

La Figura 41 de curvas de nivel también muestra un comportamiento tipo montaña, donde la tendencia en la aceptación de la apariencia se hace máxima a un valor estimado de 7,2; mientras que los menores valores se obtienen cuando se procesa a menores niveles de jugo de granada. El máximo estimado califica a la bebida como me gusta moderadamente. La presión de llenado no muestra mayores variaciones sobre la aceptabilidad de la apariencia.

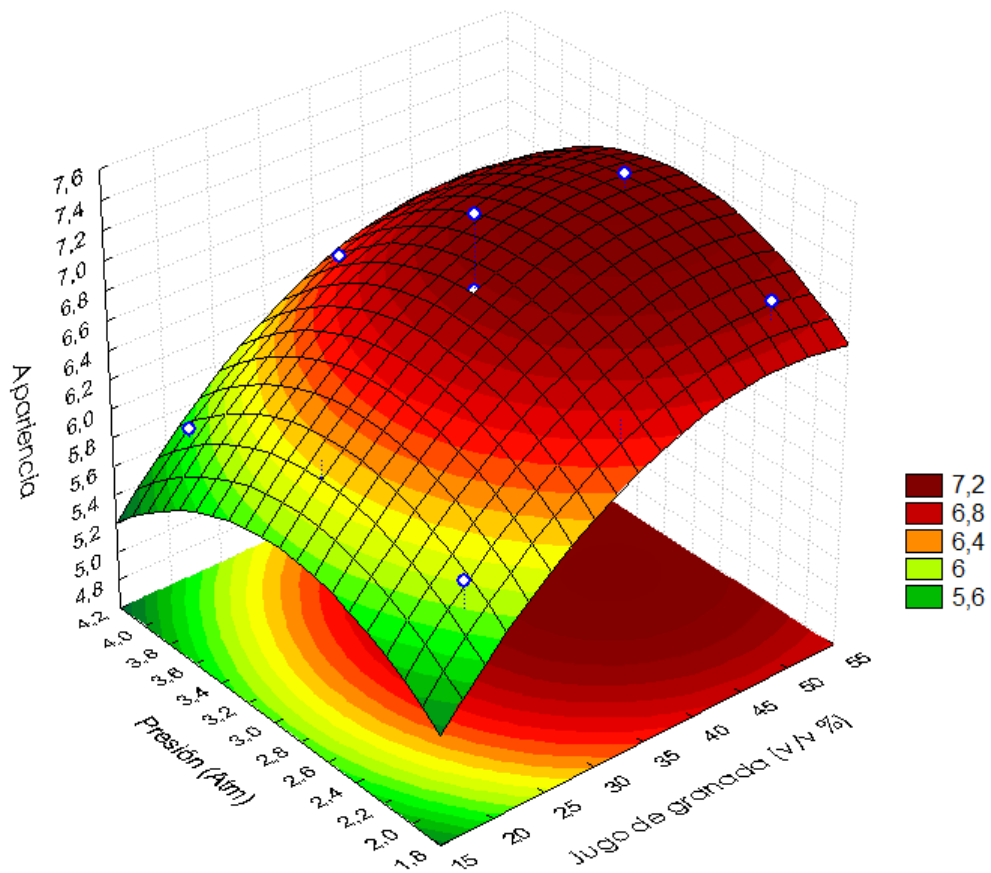


Figura 41. Curvas de nivel estimadas para la aceptabilidad de la apariencia al nivel constante de 11 % de jarabe
 Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software estadística V7

5.5 Optimización

Para la optimización múltiple se tomaron las siguientes restricciones:

- Variables independientes: mantenerlas en rango de estudio.
- Variables dependientes: maximizar los atributos sensoriales.

Aplicando la función deseada (Desirability) mediante el paquete estadístico Statistica v 7, se obtuvo la solución como muestra la Figura 42.

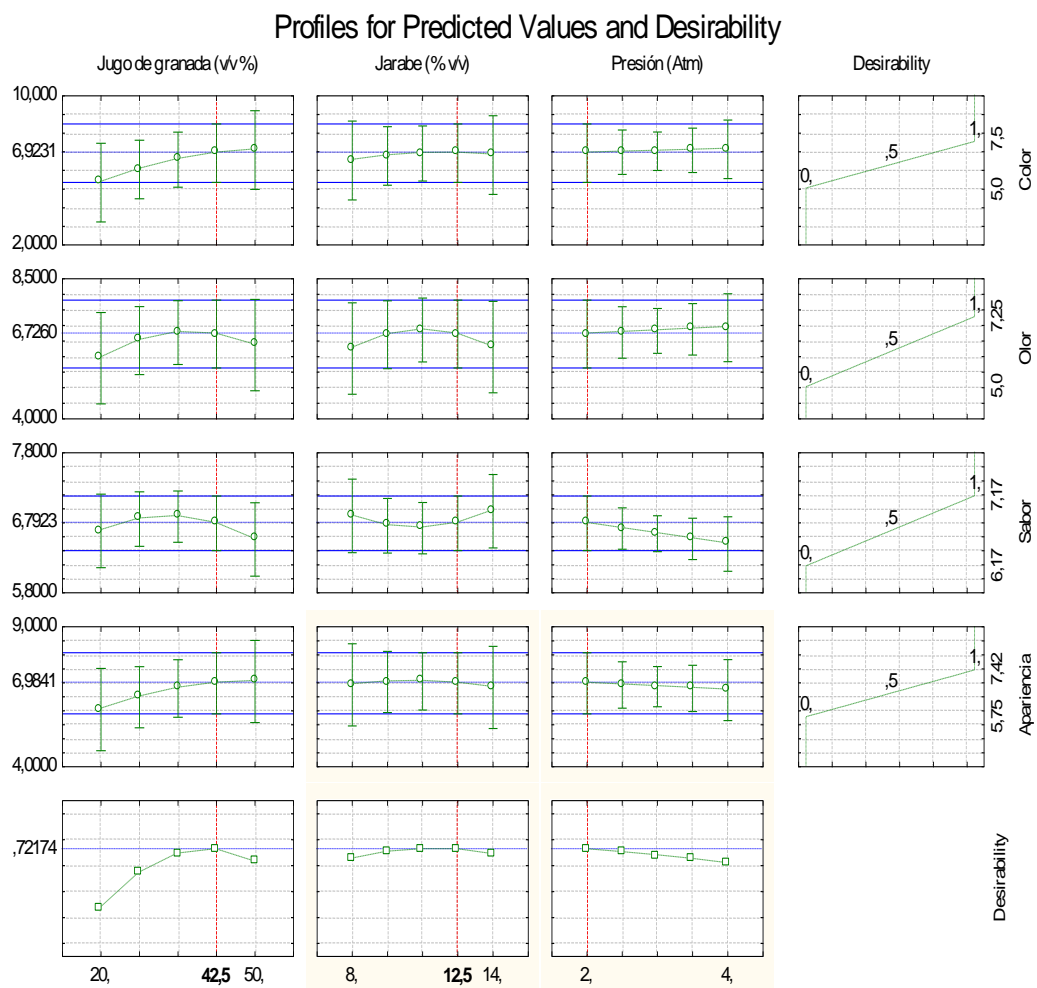


Figura 42. Optimización de variables (Desirability) para la bebida carbonatada

Fuente: Elaboración propia (2016), utilizando el software statistica V7

Y considerando lo señalado por los autores Granato y Ares (2014) y Gutiérrez y De la Vara (2008) que recomiendan considerar como óptima a aquella combinación con valor de deseabilidad mayor a 0,7 (Anexo 6), se puede considerar al resultado hallado como solución óptima para el presente estudio de elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada. La Figura 43 muestra la ubicación del punto óptimo según el valor de función deseada (0,721).

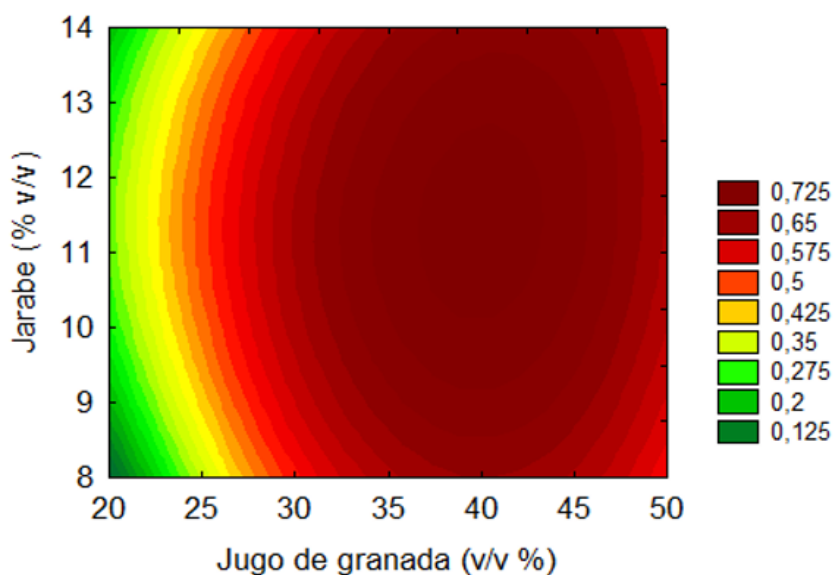


Figura 43. Curvas de nivel para la solución óptima en la elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada
Fuente: Elaboración propia (2016)

En la Figura 44 se presenta el flujo definitivo de operaciones indicando las mejores condiciones determinadas para la elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada a nivel de laboratorio y según cálculos realizados(Anexo 15) reporto un rendimiento final fue de 70 % v/p.

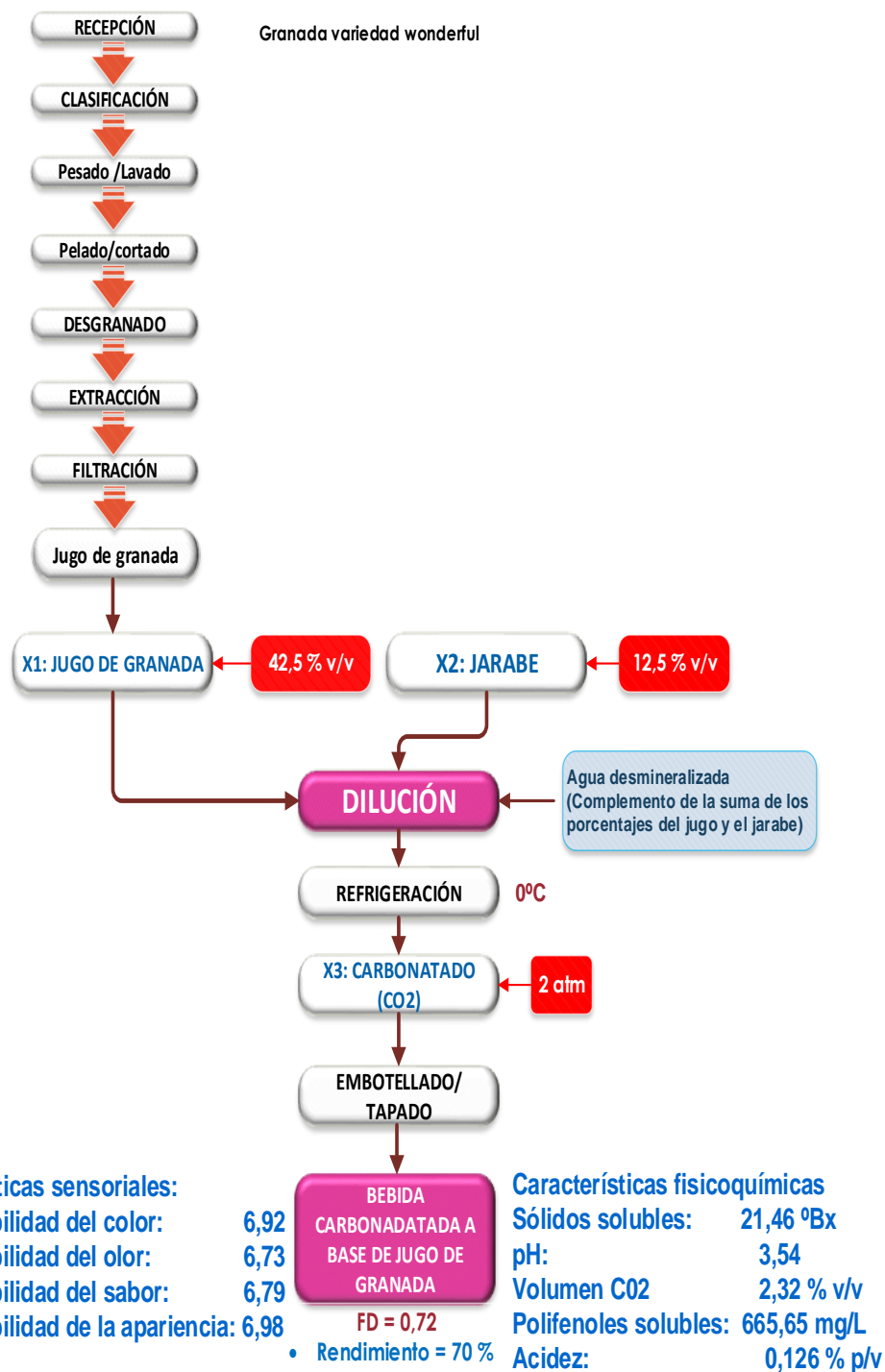


Figura 44. Flujo definitivo en la elaboración de la bebida carbonatada optimizada

Fuente: Elaboración propia (2016)

5.6 Discusiones

Con respecto a la composición nutricional del jugo de granada en estudio, los autores Carbonel y Sánchez (2012) reportaron valores del jugo de granada español muy similares a los obtenidos en la misma variedad Wonderful proveniente del distrito de Ite región Tacna, donde la cantidad de compuestos que varían ligeramente se explica por efecto de la madurez, condiciones de cultivo, procesado, condiciones de almacenamiento, etc.

Con respecto a los sólidos solubles de la bebida carbonatada es el resultado de la mezcla del jugo y el jarabe de azúcar añadido. Aunque también se entiende que están presentes los sólidos solubles son un conjunto de azúcares (glucosa, fructuosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido ascórbico, málico, cítrico y succínico), compuesto fenólicos y antocianos, etc., cuyas proporciones dependen la concentración de jugo de granada añadido. En el caso de los arilos de granada Calin y col. (2012) reportaron valores entre 15-17 % de sólidos solubles, los cuales son representados principalmente por la fructuosa y la glucosa.

Asimismo, los valores de pH encontrados son similares a lo reportado por Mena y col. (2011) para granadas españolas y Wonderful (3,0 a 4,0). Por otro lado, no se encontraron diferencias muy importantes de acuerdo

al método de extracción, lo cual coincide con lo reportado por Rinaldi y col. (2013) y Wasila y col. (2013) quienes evaluaron diferentes procesos de extracción de granada Wonderful y una variedad china, respectivamente.

El pH del jugo de granada Wonderful al ser diluida por el agua y jarabe resultó en la bebida carbonatada valores de pH estimados en un rango de 3,4 a 3; valores dentro del rango de para granadas españolas y Wonderful (3,0-4,0). Por otro lado, no se encontraron influencias de los ingredientes sobre el pH, comportamiento usual en soluciones orgánica donde el efecto tampón o buffer está presente, lo cual coincide con lo reportado en valores de pH de jugo de granada de Rinaldi y col. (2013) y Wasila y col. (2013) quienes evaluaron diferentes procesos de extracción de jugo granada Wonderful y una variedad china, respectivamente.

En lo que respecta a la acidez titulable, los valores se encontraron en el rango de 0,09 a 0,12 %. Los valores más altos de acidez corresponden a las bebidas con mayores concentraciones de jugo, lo que pudiera estar relacionado con su alto contenido en ácido cítrico, responsable del sabor ácido. Dumlu y Gürkan (2007) destacan que la acidez titulable puede influir en la tasa de crecimiento de los microorganismos, y por lo tanto afecta a la calidad del extracto y su vida útil.

Se encontró diferencias en los contenidos de fenoles solubles entre las diferentes condiciones de elaboración. Se observa que entre más componentes de la fruta se incorporan al extracto, mayor es la cantidad de estos compuestos, es decir, el mayor contenido de compuestos fenólicos se encuentra en los arilos sin semilla. Esto se debe a que existe una gran cantidad compuestos fenólicos, principalmente taninos presentes en la cáscara y el albedo. Autores, tales como Tzulker y col. (2007) y Miguel y col. (2004) destacan la importancia de la cantidad de compuestos extraídos por el método del procesador, a excepción de las antocianinas, es mucho mayor que en los métodos mecánicos, por lo que el consumo de un extracto de este tipo podría mostrar mayores efectos benéficos. En consecuencia los valores hallados en el presente estudio (665 mg/ L) pudieron ser mayores si es que se hubiera utilizado un extractor mecánico de los jugos de los albedos.

Con respecto a la aceptabilidad sensorial de la bebida, es bien conocido que el contenido de CO₂ tiene una fuerte influencia en el sabor de las bebidas alcohólicas y no alcohólicas. En el presente estudio el valor óptimo de porcentaje de volumen de CO₂ corresponde a condiciones en las cuales la gasificación no es intensa (2 atm), es decir, el panelista no tolera elevados niveles de CO₂ en la bebida, si bien es agradable, mucho más

agradable resulta la edulcoración presente a dicho nivel óptimo de carbonatación. Sandoval (2006) afirma que el CO₂ confiere un ligero sabor ácido, en las gaseosas comerciales que se encuentran saturadas del gas a una presión de 3 a 4 atmósferas, dicho valor fue superior a las condiciones óptimas de elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de granada que fue de 2 atm. Tompe y Sonone (2015) afirman que en la carbonatación de una mezcla de jugo de papaya y yogurt dio como resultado una bebida con aceptabilidad de 8, mayor a la obtenida para la bebida carbonatada optimizada de granada que resultó con 6,98 de apariencia general; al parecer el efecto sobre la sensación bucal es descrito por los panelistas como hormigueo impuso una calidad refrescante.

El uso de la fruta entera (arilos) para la elaboración de la bebida carbonatada permite la obtención de un producto con características nutracéuticas que los elaborados a partir de métodos comerciales de las bebidas carbonatadas (gaseosas). Además, es un método factible de consumir, lo que permitiría aprovechar los beneficios directamente de la fruta fresca y es más accesible en precio que los productos procesados. Por otro lado, la forma de extracción permitió que la bebida contenga cantidades importantes de fenoles solubles totales, sin evidencias sensaciones amargas típicas de estos compuestos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los modelos que explican la influencia del jugo de granada, jarabe de azúcar y presión de CO₂ sobre las características fisicoquímicas, no fue significativo (p valor >0,05) sobre el pH; pero si influyeron significativamente (p valor <0,05) sobre la variabilidad de los sólidos solubles, volumen de CO₂, contenido de polifenoles solubles y la acidez de la bebida gasificada.
2. Se determinó que los modelos que explican la influencia del jugo de granada, jarabe de azúcar y presión de CO₂ sobre las características sensoriales de la bebida gasificada resultaron significativos (p valor <0,05) para la aceptabilidad del color, olor, sabor y apariencia y las regiones de mayor aceptabilidad es con mayores niveles de porcentaje de jugo de granada.
3. Los parámetros operacionales óptimos para elaborar la bebida carbonatada de granada optimizada son: jugo de granada 42,5 % v/v; jarabe de azúcar 12,5 % v/v y presión de gas 2 atm. Que da como resultados óptimos de color 6,92; olor 6,73; sabor 6,79; apariencia: 6,98; además de sólidos solubles: 21,46 °Brix; pH: 3,54; volumen CO₂ 2,32 % v/v; polifenoles solubles: 665,65 mg/L y acidez: 0,126 % p/v.

RECOMENDACIONES

Determinar la capacidad antioxidante de la bebida a base de jugo de granada de diferentes variedades Criolla y Wonderful.

Evaluar la vida útil en diferentes materiales de envasado y condiciones de almacenamiento.

Evaluar la aceptabilidad de la bebida carbonatada combinándola con otros jugos ya sea de frutas o vegetales con propiedades antioxidantes.

Determinar mediante el análisis cromatográfico los principales compuestos fenólicos presentes por efecto de las condiciones de elaboración de la bebida carbonatada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Zoreky, N. (2009) *Antimicrobial activity of pomegranate (Punica granatum L.) fruit peels*. International Journal of Food Microbiology.
- Carbonel A. y Sánchez A. (2012) *La fruta granada cultivada en España*. Universidad Miguel Hernández. España.
- Compendio estadístico Perú 2015. Producción de granada En: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio2015.html
- Contreras J. (1995) *Alimentación y cultura: necesidades, gustos y costumbres*. Universitat de Barcelona. España
- Cuesta A. (2009) *Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos*. Universidad del Valle - Colombia
- Del Valle L; González L. A.; Báez R.; (2005) *Antocianinas en uva y su relación con el Color*. Rev. Fitotec. Vol 28.
- Díaz A. (2014) *Calidad nutracéutica de extractos de granada dulce y acida y bioaccesibilidad de sus compuestos fenólicos en un modelo in vivo*. Tesis maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. México

- Dumlu M, Gürkan E. (2007) *Elemental and Nutritional Analysis of Púnica granatum from Turkey*. Journal of Medicinal Food. 10(2):392
- Espinosa J. (2007) *Evaluación Sensorial*. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. Cuba, p 12-13
- Fernández, C. (2012) *Los efectos beneficiosos de la granada*. Universidad Miguel Hernández. España
- Fischer U., Jaksch AV, Carie R, Kammerer DR. (2013) *Influence of origin source, different fruit lissue and juice extraclion methods on anthocyanin, phenolic acid, hydrolysable lannin and isolariciresinol contents of pomegranate (Púnica granatum L) fruits and juices*. European Food Research and Technology.
- Granato D. y Ares G. (2014) *Mathematical and statistical mcthods in food science and technology/* edited by WILEY Blackwell. West Sussex, UK. p. 9
- Gutiérrez H. y De la Vara R. (2008) *Análisis y diseño de experimentos*. 2da Ed. Mc Graw Hill. México
- Haidari, M., Ali, M, Casscells, S. W. y Madjid. M. (2009) *Pomegranate (Punica granatum) purified polyphenol extract inhibits influenza vinis and has a synergistic effect with oseltamivir*. Phytomedicin.

INDECOPI. 1985 (revisada el 2012). *Norma Técnica Nacional NTP 214.001, Bebidas Gasificadas Jarabeadas. Requisitos*. Lima, Perú.

León J. (2014) *Exportaciones de granada crecerían 20% este año*. En: <http://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-granada-crecerian-20-este-ano-6333>

Maldonado Carrión M. y Moncayo Herrera V. (2012) *Elaboración de una bebida carbonatada de maracuyá "PASSION"* Tesis de grado. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador

Marroquín, D. (2004). *Determinación de sacarosa en bebidas carbonatadas*. Tesis Licenciatura en Química Farmacéutica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.

Mena P., García C, Navarro-Rico J, Moreno DA, Bartual J, Saura D. y col. (2011) *Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (Púnica granatum L) cultivars grown in Spain*. Journal of the Science of Food and Agriculture.

MINSA (2011) *Lineamientos de Gestión de la estrategia Sanitaria de Alimentación y Nutrición Saludable*. Disponible en: http://www.minsa.gob.pe/portada/est_san/Lineamientos%20_E SNANS_FINAL.pdf Fecha de Consulta: 23/01/2014

- Montes De Oca C. (2010) *Bebidas con valor agregado*. En:
<http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/15857-bebidas-valor-agregado>
- Montgomery D. (1991) *Diseño y Análisis de Experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Morales, J. (2007) *Cuantificación de aspartame y acesulfame-k por cromatografía líquida de alta resolución (HPÍC)*. Tesis Licenciatura, Universidad de Zamorano, Honduras.
- Mousavinejad G, Emam-Djomeh Z, Rezaei K, Khodaparast MHH. (2009); *Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars*. Food Chemistry. 115:274-1278.
- Municipalidad Distrital de ITE (2016) Municipio de ITE propone producción de granada en conferencia de prensa. En:
<http://www.muniite.gob.pe/web/noticias/676-municipio-de-ite-propone-produccion-de-granada-en-conferencia-de-prensa>
- Norma Técnica NTC Colombiana 2740 bebidas no alcohólicas bebidas gaseosas o carbonatadas.
- Pinelo M., Sineiro, J., y Núñez, M J. (2006) *Mass transfer during continuous solid-liquid extraction of antioxidants from grape byproducts*. Journal of Food Engineering, pag 77, 57-63. Elsevier B.V.

- PROEXPANCIÓN (2014) *El crecimiento del cultivo de la granada en el Perú*. En: <http://proexpansion.com/es/articles/384-el-crecimiento-del-cultivo-de-la-granada-en-el-peru>
- Rinaldi M, Caligiani A, Borgese R, Palla G, Barbanti D, Massini R. (2013); *The effect of fruit processing and enzymatic treatments on pomegranate juice composition, antioxidant activity and polyphenols content. Food Science and Technology*. 53:355-359.
- Roca A. (2 de marzo de 2014). *Tipos de agua*. Obtenido de <http://www.pulevasalud.com/ps/>
- Rojas N. (2016) *Cultivo del granado en el Perú* En: <http://agronegociosperu.org/cultivo-del-granado-en-el-peru/>
- Sandoval A. (2006) *Cuantificación de cafeína en bebidas carbonatadas de mayor consumo por niños en edad escolar y preadolescentes, en colegios privados de la ciudad capital*. Universidad De San Carlos De Guatemala
- Sankalia MG, Mashru RC., Sankalia JM. y Sutariya VB (2004) *Evaluación y Optimización Simultánea de Papaína Inmovilizada en Gránulos de Alginato Entrecruzado Mediante Un Diseño*

Factorial 3x3 y La Función De Deseabilidad. University of Baroda, Vadodara-INDIA

Shachman, Maurice. (2005) *The soft drinks companion: a technical handbook for the beverage industry.* Boca Ratón: CRC Press.

Singh P., Heldman R. (2009) *Introducción a la ingeniería de los alimentos* Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza -España

Singh, R., Chidainbara, K. y Jayaprakasha, G. (2002) *Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Púnica granatum) peel and seed extracts using in vitro models. Journal of Agricultural and Food Chemistry.*

Tezcan, F., Gültçkin-Ózgüvcn, M. Dikcn, T., Ó/cclik, B. y Erim, B. (2009) *Antioxidant activity and total phenolic organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. Journal of Food Chemistry*

Tompe Abhinav, Sonone Amol Prakash (2015) "*Development of Fruit Juice Blended Carbonated Beverages*" Department of Food Processing & Engineering, Karunya University, Coimbatore

Valenzuela C. (1994) *Química General Introducción a la Química Teórica.* Ediciones Universidad De Salamanca. España

Ureña M. y D'Arrigo M. (1999) *Evaluación sensorial de los alimentos* 1ra edición. Editorial Agraria. Lima. Perú. p 98.

Wasila H, Li X, Liu L, Ahmad I, Ahmad S. (2013) *Peel Effects on Phenolic Composition, Antioxidant Activity, and Making of Pomegranate Juice and Wine*. Journal of Food Science. 78(8):C1166-C1172.

Watts B., Ylimaki E. Jeffery (1992) *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y sensoriales más importantes en una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (<i>Punica granatum</i> L.) variedad Wonderful?	Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (<i>Punica granatum</i> L.) variedad Wonderful.	El jugo de granada (<i>Punica granatum</i> L.) variedad Wonderful, el jarabe de glucosa y la presión de gasificado de CO ₂ influirá sobre las características fisicoquímicas, sensoriales de una bebida carbonatada elaborada.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
- ¿Cuál será el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ sobre las características fisicoquímicas?	- Determinar el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ sobre las características fisicoquímicas.	- El porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ influirán sobre las características fisicoquímicas.
- ¿Cuál será el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ sobre las características sensoriales?	- Determinar el efecto del porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ sobre las características sensoriales.	- El porcentaje de jugo de granada, porcentaje de jarabe de azúcar y presión de gasificado de CO ₂ influirán sobre las características sensoriales.
- ¿Cuáles son los parámetros de la bebida carbonatada de granada optimizada y composición proximal?	-Determinar los parámetros de la bebida carbonatada de granada optimizada y composición proximal.	- Es posible establecer parámetros de la bebida carbonatada de granada optimizada y su composición proximal.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Anexo 2. Requisitos microbiológicos y fisicoquímicos de bebidas no alcohólicas

16.1 Bebidas analcohólicas jarabeadas carbonatadas							
Agentes microbianos	Categoría	Clases	n	c	Límite por g/mL		
					m	M	
Mohos y Levaduras	3	3	5	1	10	30	
Aerobios mesófilos	4	3	5	3	10	50	
<i>Escherichia coli</i>	10	2	5	0	0	---	

Fuente: Norma sanitaria sobre criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú

	Bebidas Gaseosas		Bebidas gaseosas bajas en calorías, calorías reducidas		Bebidas gaseosas libre de calorías		Método de ensayo
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	
Sólidos solubles (°Brix)	>7,0	--	0,3	7,0	--	< 0,3	NTE INEN 1 083
Carbonatación Volumen de CO ₂	1	5	1	5	1	5	NTE INEN 1 082
Acidez titulable como ácido cítrico %	--	0,5	--	0,5	--	0,5	NTE INEN 1 091
pH	2,4	5,0	2,4	5,0	2,4	5,0	NTE INEN 1 087

Fuente: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1101:2008 Tercera revisión

Anexo 3. Análisis estadístico de los sólidos solubles

a) Análisis de efectos del modelo completo

	Effect	Std.Err. Pure Err	t (2)	p
Mean/Interc.	18,09167	0,409607	44,16837	0,000512
(1)Jugo (L)	3,90000	1,003328	3,88706	0,060264
Jugo (Q)	1,52083	0,738429	2,05955	0,175635
(2)Jarabe (L)	6,57500	1,003328	6,55319	0,022503
Jarabe (Q)	1,19583	0,738429	1,61943	0,246781
(3)Presión (L)	0,42500	1,003328	0,42359	0,713071
Presión (Q)	0,84583	0,738429	1,14545	0,370599
1L by 2L	1,00000	1,418920	0,70476	0,553974
1L by 3L	0,20000	1,418920	0,14095	0,900823
2L by 3L	-0,15000	1,418920	-0,10571	0,925457

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	-24,5921
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	0,4609
Jugo de granada (v/v %)(Q)	-0,0068
(2)Jarabe (% v/v)(L)	3,7051
Jarabe (% v/v)(Q)	-0,1329
(3)Presión (Atm)(L)	5,3292
Presión (Atm)(Q)	-0,8458
1L by 2L	0,0111
1L by 3L	0,0067
2L by 3L	-0,0250

b) Análisis de varianza

	SC	CM	F	p-value		
Model	132,7542	9	14,7505	13,2192	0,0055	significant
Residual	5,5792	5	1,1158			
Lack of Fit	1,5525	3	0,5175	0,2570	0,8532	not significant
Pure Error	4,0267	2	2,0133			
Cor Total	138,3333	14				
Std. Dev.	1,05633013			R-Squared		0,95966867
Mean	18,5666667			Adj R-Squared		0,88707229
C.V. %	5,68939026			Pred R-Squared		0,75493976

Anexo 4. Análisis estadístico del pH

a) Análisis de efectos del modelo completo

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	3,533333	0,028868	122,3983	0,000067
(1)Jugo (%) (L)	0,025000	0,070711	0,3536	0,757464
Jugo (%) (Q)	-0,025000	0,052042	-0,4804	0,678366
(2)Jarabe (%) (L)	-0,025000	0,070711	-0,3536	0,757464
Jarabe (%) (Q)	-0,025000	0,052042	-0,4804	0,678366
(3)Presión (Atm) (L)	-0,050000	0,070711	-0,7071	0,552786
Presión (Atm) (Q)	0,000000	0,052042	0,0000	1,000000
1L by 2L	0,000000	0,100000	0,0000	1,000000
1L by 3L	-0,150000	0,100000	-1,5000	0,272393
2L by 3L	-0,150000	0,100000	-1,5000	0,272393

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	2,713889
(1)Jugo de granada (v/v %) (L)	0,008056
Jugo de granada (v/v %) (Q)	0,000111
(2)Jarabe (% v/v) (L)	0,009722
Jarabe (% v/v) (Q)	0,002778
(3)Presión (Atm) (L)	0,425000
Presión (Atm) (Q)	0,000000
1L by 2L	0,000000
1L by 3L	-0,005000
2L by 3L	-0,025000

c) Análisis de varianza

	Sum of	Mean	F	p-value	
Model	0,05683333	9	0,00631481	0,97150997	0,5445 not significant
Residual	0,0325	5	0,0065		
Lack of Fit	0,0125	3	0,00416667	0,41666667	0,7615 not significant
Pure Error	0,02	2	0,01		
Total	0,08933333	14			
Std. Dev.	0,08062258			R-Squared	0,63619403
Mean	3,52666667			Adj R-Squared	-0,01865672
C.V. %	2,28608443			Pred R-Squared	-1,74253731

Anexo 5. Análisis estadístico de la acidez

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	0,110200	0,005173	21,30289	0,002196
(1)Jugo (%) (L)	0,064800	0,012671	5,11395	0,036175
Jugo (%) (Q)	-0,003300	0,009326	-0,35386	0,757268
(2)Jarabe (%) (L)	-0,006300	0,012671	-0,49719	0,668334
Jarabe (%) (Q)	-0,001200	0,009326	-0,12868	0,909387
(3)Presión (Atm) (L)	-0,005700	0,012671	-0,44984	0,696881
Presión (Atm) (Q)	0,006600	0,009326	0,70772	0,552478
1L by 2L	0,013800	0,017920	0,77010	0,521766
2L by 3L	-0,004800	0,017920	-0,26786	0,813903

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	0,063433
(1)Jugo de granada (v/v %) (L)	-0,000553
Jugo de granada (v/v %) (Q)	0,000015
(2)Jarabe (% v/v) (L)	-0,006950
Jarabe (% v/v) (Q)	0,000133
(3)Presión (Atm) (L)	0,045550
Presión (Atm) (Q)	-0,006600
1L by 2L	0,000153
2L by 3L	-0,000800

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	0,0089783	8	0,00112229	6,71867816	0.0160	significant
Residual	0,00100224	6	0,00016704			
Lack of Fit	0,00036	4	0,00009	0,28026906	0.8710	not significant
Pure Error	0,00064224	2	0,00032112			
Cor Total	0,00998054	14				
Std. Dev.	0,0129244			R-Squared		0,89958062
Mean	0,11048			Adj R-Squared		0,76568812
C.V. %	11,6984029			Pred R-Squared		0,4634561

Anexo 6. Análisis estadístico del contenido de polifenoles

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	656,9612	0,992638	661,8338	0,000002
(1)Jugo (v/v %)(L)	62,8173	2,530740	24,8217	0,001619
Jugo (v/v %)(Q)	-11,8136	1,857055	-6,3615	0,023831
(2)Jarabe (% v/v)(L)	4,5732	2,530740	1,8071	0,212491
Jarabe (% v/v)(Q)	-19,2999	1,857055	-10,3928	0,009132
(3)Presión (Atm)(L)	-1,1304	2,530740	-0,4467	0,698812
1L by 2L	-48,1188	3,579006	-13,4447	0,005487
1L by 3L	-28,5238	3,579006	-7,9697	0,015382
2L by 3L	-12,5255	3,579006	-3,4997	0,072838

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	505,4736
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	7,1521
Jugo de granada (v/v %)(Q)	0,0525
(2)Jarabe (% v/v)(L)	-21,4398
Jarabe (% v/v)(Q)	2,1444
(3)Presión (Atm)(L)	55,6759
1L by 2L	-0,5347
1L by 3L	-0,9508
2L by 3L	-2,0876

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Model	13012,3761	8	1626,54701	11,8414205	0,0037	significant
Residual	824,16481	6	137,360802			
Lack of Fit	798,546236	4	199,636559	15,5852983	0,0612	not significant
Pure Error	25,618574	2	12,809287			
Cor Total	13836,5409	14				
Std. Dev.	11,7201025			R-Squared		0,94043563
Mean	652,81276			Adj R-Squared		0,86101648
C.V. %	1,79532374			Pred R-Squared		0,38738965

Anexo 7. Análisis estadístico del volumen de CO₂

a) Análisis de efectos del modelo completo

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	2,673333	0,041866	63,85423	0,000245
(1)Jugo (v/v %)(L)	-0,240000	0,102551	-2,34030	0,144130
Jugo (v/v %)(Q)	0,433333	0,075475	5,74139	0,029022
(2)Jarabe (% v/v)(L)	-0,407500	0,102551	-3,97364	0,057887
Jarabe (% v/v)(Q)	0,050833	0,075475	0,67351	0,570028
(3)Presión (Atm)(L)	0,972500	0,102551	9,48310	0,010938
Presión (Atm)(Q)	-0,224167	0,075475	-2,97006	0,097127
1L by 2L	-0,725000	0,145029	-4,99901	0,037764
1L by 3L	-0,295000	0,145029	-2,03408	0,178944
2L by 3L	-0,150000	0,145029	-1,03428	0,409681

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	-3,56907
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	0,24493
Jugo de granada (v/v %)(Q)	-0,00193
(2)Jarabe (% v/v)(L)	0,41329
Jarabe (% v/v)(Q)	-0,00565
(3)Presión (Atm)(L)	-0,23958
Presión (Atm)(Q)	0,22417
1L by 2L	-0,00806
1L by 3L	-0,00983
2L by 3L	-0,02500

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Model	3,91839833	9	0,43537759	12,3939154	0,0064	significant
Residual	0,17564167	5	0,03512833			
Lack of Fit	0,133575	3	0,044525	2,11687797	0,3368	not significant
Pure Error	0,04206667	2	0,02103333			
Cor Total	4,09404	14				
Std. Dev.	0,18742554			R-Squared		0,9570982
Mean	2,708			Adj R-Squared		0,87987497
C.V. %	6,9211795			Pred R-Squared		0,45485389

Anexo 8. Análisis estadístico del color

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	6,181667	0,152475	40,54208	0,000608
(1)Jugo (%)(L)	1,875000	0,388737	4,82331	0,040398
Jugo (%)(Q)	0,352500	0,285255	1,23574	0,342009
(2)Jarabe (%)(L)	0,332500	0,388737	0,85533	0,482480
Jarabe (%)(Q)	0,230000	0,285255	0,80630	0,504707
(3)Presión (Atm)(L)	-0,082500	0,388737	-0,21223	0,851596
1L by 2L	0,415000	0,549758	0,75488	0,529105
1L by 3L	0,335000	0,549758	0,60936	0,604289
2L by 3L	0,250000	0,549758	0,45475	0,693883

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	2,994907
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	0,088463
Jugo de granada (v/v %)(Q)	-0,001574
(2)Jarabe (% v/v)(L)	0,335324
Jarabe (% v/v)(Q)	-0,025741
(3)Presión (Atm)(L)	-0,760417
Presión (Atm)(Q)	-0,021667
1L by 2L	0,004611
1L by 3L	0,011167
2L by 3L	0,041667

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Modelo	8,23106833	8	1,02888354	5,87024961	0,0223	significant
Residual	1,051625	6	0,17527083			
Lack of Fit	0,44715833	4	0,11178958	0,36987841	0,8192	not significant
Pure Error	0,60446667	2	0,30223333			
Cor Total	9,28269333	14				
Std. Dev.	0,4186536			R-Squared		0,88671122
Mean	6,25933333			Adj R-Squared		0,73565951
C.V. %	6,68846942			Pred R-Squared		0,38165289

Anexo 9. Análisis estadístico del olor

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	6,036410	0,105915	56,99307	0,000308
(1)Jugo (%) (L)	0,645000	0,270031	2,38862	0,139509
Jugo (%) (Q)	0,613462	0,198148	3,09597	0,090405
(2)Jarabe (%) (L)	0,440000	0,270031	1,62944	0,244777
Jarabe (%) (Q)	0,573462	0,198148	2,89410	0,101532
(3)Presión (Atm) (L)	-0,210000	0,270031	-0,77769	0,518142
1L by 2L	0,210000	0,381881	0,54991	0,637590
1L by 3L	0,330000	0,381881	0,86414	0,478593
2L by 3L	0,500000	0,381881	1,30931	0,320634

b) Coeficientes del modelo completo

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	-0,66297
(1)Jugo de granada (v/v %) (L)	0,15369
Jugo de granada (v/v %) (Q)	-0,00273
(2)Jarabe (% v/v) (L)	1,14346
Jarabe (% v/v) (Q)	-0,06372
(3)Presión (Atm) (L)	-1,40667
1L by 2L	0,00233
1L by 3L	0,01100
2L by 3L	0,08333

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Model	4,15554641	8	0,5194433	5,68083642	0,0242	significant
Residual	0,54862692	6	0,09143782			
Lack of Fit	0,25696026	4	0,06424006	0,4405033	0,7806	not significant
Pure Error	0,29166667	2	0,14583333			
Cor Total	4,70417333	14				
Std. Dev.	0,30238687			R-Squared		0,88337442
Mean	6,19466667			Adj R-Squared		0,72787366
C.V. %	4,88140668			Pred R-Squared		0,31843235

Anexo 10. Análisis estadístico del sabor

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	6,660833	0,039405	169,0339	0,000035
(1)Jugo granada (%)(L)	-0,040000	0,096523	-0,4144	0,718793
Jugo granada (%)(Q)	0,247917	0,071039	3,4899	0,073205
(2)Jarabe (%)(L)	-0,060000	0,096523	-0,6216	0,597608
Jarabe (%)(Q)	-0,227083	0,071039	-3,1966	0,085500
(3)Presión (Atm)(L)	-0,355000	0,096523	-3,6779	0,066624
Presión (Atm)(Q)	-0,227083	0,071039	-3,1966	0,085500
1L by 2L	0,165000	0,136504	1,2088	0,350271
1L by 3L	0,165000	0,136504	1,2088	0,350271

b) Análisis de coeficientes del modelo ajustado

	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	12,24282
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	0,03913
Jugo de granada (v/v %)(Q)	-0,00110
(2)Jarabe (% v/v)(L)	-0,62926
Jarabe (% v/v)(Q)	0,02523
(3)Presión (Atm)(L)	-1,73250
Presión (Atm)(Q)	0,22708
1L by 2L	0,00183
1L by 3L	0,00550

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Model	0,96394167	8	0,12049271	7,24465553	0,0133	significant
Residual	0,09979167	6	0,01663194			
Lack of Fit	0,062525	4	0,01563125	0,8388864	0.6074	not significant
Pure Error	0,03726667	2	0,01863333			
Cor Total	1,06373333	14				
Std. Dev.	0,1289649			R-Squared		0,90618733
Mean	6,63333333			Adj R-Squared		0,78110376
C.V. %	1,94419441			Pred R-Squared		0,16854161

Anexo 11. Análisis estadístico de la apariencia

a) Análisis de efectos del modelo ajustado

	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p
Mean/Interc.	6,424167	0,110240	58,27456	0,000294
(1)Jugo (%)(L)	0,987500	0,270031	3,65699	0,067312
Jugo (%)(Q)	0,280417	0,198737	1,41099	0,293700
(2)Jarabe (%)(L)	-0,025000	0,270031	-0,09258	0,934674
Jarabe (%)(Q)	0,197917	0,198737	0,99587	0,424242
(3)Presión (Atm)(L)	-0,122500	0,270031	-0,45365	0,694550
Presión (Atm)(Q)	0,390417	0,198737	1,96449	0,188423
1L by 2L	-0,300000	0,381881	-0,78558	0,514399

b) Análisis de coeficientes del modelo completo




	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	-2,90384
(1)Jugo de granada (v/v %)(L)	0,15682
Jugo de granada (v/v %)(Q)	-0,00125
(2)Jarabe (% v/v)(L)	0,59630
Jarabe (% v/v)(Q)	-0,02199
(3)Presión (Atm)(L)	2,28125
Presión (Atm)(Q)	-0,39042
1L by 2L	-0,00333

c) Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
Modelo	2,95123333	7	0,42160476	4,8335972	0,0272	significant
Residual	0,61056667	7	0,08722381			
Lack of Fit	0,3189	5	0,06378	0,43734857	0,8028	not significant
Pure Error	0,29166667	2	0,14583333			
Cor Total	3,5618	14				
Std. Dev.	0,29533677			R-Squared		0,82857918
Mean	6,54			Adj R-Squared		0,65715837
C.V. %	4,5158528			Pred R-Squared		0,26530827

Anexo 12. Tabla de determinación de porcentaje de volumen de CO₂ en gaseosas

CRUSH PRODUCTS
 TECHNICAL SERVICE
 Department Of 43294
 817-658-4343

GAS VOLUME CHART

TEMPERATURE, DEGREES F.

STANDARD TEST TEMPERATURE	PRESSURE, PSIG																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
34°F	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6	5.8
35	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4
36	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4
37	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4
38	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4
39	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4
40	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
41	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2
42	1.8	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1
43	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
44	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9
45	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9
46	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
47	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7
48	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5
49	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.7	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5
50	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4
51	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3
52	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3
53	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2
54	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.9	4.1
55	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	3.9	4.1
56	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0
57	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0
58	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9
59	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9
60	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8
61	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8
62	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5	3.7
63	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5	3.7
64	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6
65	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6
66	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
67	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
68	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.4
69	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.4
70*	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2
71	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2
72	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0
73	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0
74	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0
75	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
76	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
77	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
78	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
79	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
80	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7

TEMPERATURE, DEGREES F.

STANDARD TEST TEMPERATURE	PRESSURE, PSIG																			
	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
32°F	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.5	6.7	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4
33	5.1	5.2	5.4	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0
34	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9
35	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8
36	4.7	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4
37	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4
38	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2
39	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2
40	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2
41	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1
42	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0
43	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9
44	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8
45	4.0	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2
46	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0
47	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.5	5.6	5.8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8
48	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6
49	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3
50	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3
51	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1	4.3	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2
52	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2														

Anexo 13. Ficha de cata hedónica estructurada

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a usted hay muestras codificadas las cuales debe probar una a la vez, luego según su percepción, marque con una X en el casillero correspondiente a cada muestra.

ATRIBUTO: _____

ESCALA	MUESTRAS														
	919	257	439	405	758	262	673	980	796	108	210	827	733	549	657
Me gusta muchísimo															
Me gusta mucho															
Me gusta moderadamente															
Me gusta un poco															
Me es indiferente															
Me disgusta un poco															
Me disgusta moderadamente															
Me disgusta mucho															
Me disgusta muchísimo															

Comentarios: _____

Anexo 14. Requisitos estadísticos recomendados en los análisis de superficie de respuesta

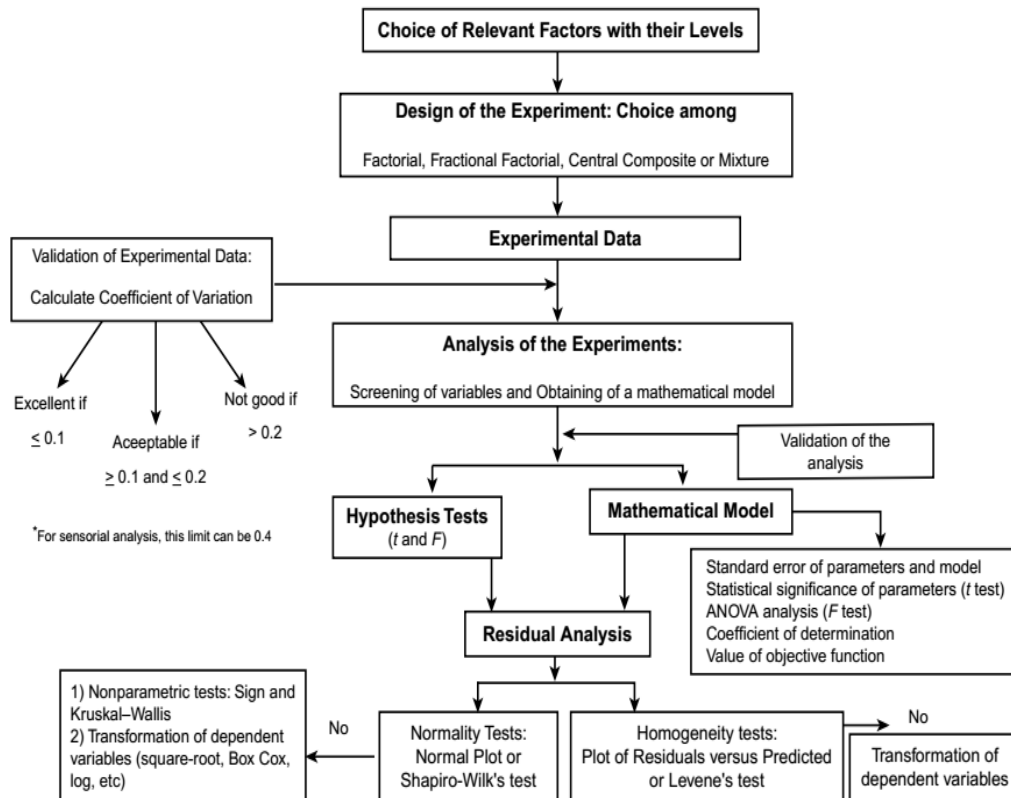


Figure 1.1 Summary of the recommended statistical procedures used to analyse results from a design of experiments.

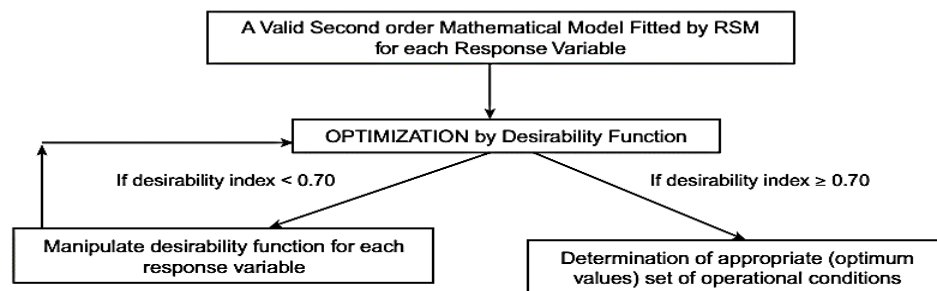


Figure 1.2 Steps to obtain optimized food/process conditions.

Fuente: Granato y Ares (2014)

Anexo 15. Rendimiento de la bebida de jugo de granada gasificada óptima

Recepción	Entra	Sale	Continua
RECEPCIÓN (g)	1000,0	0,0	1000,0
CLASIFICACIÓN (g)	1000,0	0,0	1000,0
PESADO/LAVADO (g)	1000,0	0,0	1000,0
PELADO/CORTADO (g)	1000,0	500,0	500,0
DESGRANADO (g)	500,0	50,0	450,0
EXTRACCIÓN (g)	450,0	100,0	350,0
FILTRACIÓN (g)	350,0	50,0	300,0
Dilución:			
jugó (ml)	300,0		
jarabe (ml)	88,0		
Agua (ml)	317,9		705,9
REFRIGERACIÓN (ml)	705,9	0,0	705,9
CARBONATACIÓN (ml)	705,9	5,9	700,0
EMBOTELLADO/TAPADO (ml)	700,0	0,0	700,0
BEBIDA CARBONATADA (v/p %)			70,0%

Fuente: Elaboración propia (2017)