

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**OPTIMIZACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PANELA Y
TIEMPO DE FERMENTACIÓN PARA OBTENER UNA
BEBIDA PROBIÓTICA SABORIZADA CON MANGO
CIRUELO (*Spondias dulcis parkinson*) USANDO CULTIVOS
DE TIBICOS**

-

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTORES:

Bach. Cubas Castillo Johana Shicela

Bach. Quispe Jiménez Anny Rosmeri

ASESOR:

Mg. Ing. Hans Himbler Minchan Velayarce

JAÉN - PERÚ, NOVIEMBRE, 2019|



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 26 de NOVIEMBRE del año 2019, siendo las 17:35 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Frank Fernández Rosillo

Secretario: Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos

Vocal: Mg. Polito Michael Huayama Sopla, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "Optimización de la concentración de panela y tiempo de fermentación para obtener una bebida probiótica saborizada con mango ciruelo (*Spondias dulcis parkinson*) usando cultivos de tibicos", presentado por las Bachiller Johana Shicela Cubas Castillo y Anny Rosmeri Quispe Jiménez de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (<u>15</u>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 18:45 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III..MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. Lugar de Ejecución.....	4
3.2. Materiales y equipos.....	4
3.2.1. Materia prima e insumos	4
3.2.2. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos	4
3.2.3. Procedimiento de elaboración de bebida probiótica.....	5
3.2.4. Análisis fisicoquímicos	10
3.2.5. Análisi sensorial	11
3.2.6. Determinación de contenido alcohólico	11
3.2.7. Determinación de presencia de bacterias acido lácticas.....	11
IV.RESULTADOS	15
4.1. Análisis del efecto de °Brix	15
4.1.1. Análisis de varianza o prueba de efectos principales con respecto al °Brix .	15
4.1.2. Comparaciones múltiples (TUKEY)	17
4.1.3. Aplicación de superficie de respuesta para °Brix	19
4.1.4. Determinación de coeficientes de regresión para la optimización mediante modelamiento matemático	24
4.2. Análisis de los datos obtenidos para el efecto del pH.	25
4.2.1. Análisis de Varianza o prueba de efectos principales con respecto del pH ..	25
4.3. Análisis de los datos obtenidos para el efecto de la acidez	25
4.3.1. Análisis de varianza o prueba de efectos principales con respecto a la acidez	25

4.3.2.	Comparaciones múltiples para acidez (Tukey)	27
4.3.3.	Aplicación de superficie de respuesta para Acidez	30
4.3.4.	Modelo matemático proximal obtenido para el contenido alcohólico, $R^2 = 0.69202$	35
4.4.1.	Análisis de varianza o prueba de efectos principales del contenido alcohólico	35
4.4.2.	Comparaciones múltiples (TUKEY)	37
4.4.3.	Análisis de superficie de respuesta.....	41
4.5.	Resultados de Análisis sensorial.....	47
a)	Evaluación del color	47
b)	Evaluación del olor.....	48
c)	Evaluación del sabor.....	49
4.6.	Bacterias Acido Lácticas	50
4.7.	Características fisicoquímicas del producto final.....	50
V.	DISCUSIONES.	51
VI.	CONCLUSIONES	52
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los nueve tratamientos y sus variables	13
Tabla 2: Análisis de Varianza del °Brix	15
Tabla 3: Medias con respecto al °Brix	17
Tabla 4: Medición del grado Brix en la bebida con túbicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación	19
Tabla 5: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para los Grados Brix (°Brix) en bebida fermentada con túbicos en zumo de mango ciruelo.....	20
Tabla 6: Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de grados Brix (°Brix) en la bebida fermentada de túbicos con zumo de mango ciruelo.....	24
Tabla 7: Análisis de Varianza del pH.....	25
Tabla 8: Resumen del modelo	25
Tabla 9: Análisis de Varianza Acidez	26
Tabla 10: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	27
Tabla 11: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	28
Tabla 12: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.....	29
Tabla 13: Medición de la acidez en la bebida con túbicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación	30
Tabla 14: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para la Acidez en bebida fermentada con túbicos en zumo de mango ciruelo.....	31
Tabla 15: Análisis de varianza para la acidez	34
Tabla 16: Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de Acidez en la bebida fermentada de túbicos con zumo de mango ciruelo.	35
Tabla 17: Análisis de Varianza contenido alcohólico	35
Tabla 18: Análisis de Varianza para el contenido alcohólico	36
Tabla 19: Media de contenido alcohólico	37
Tabla 20: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	38
Tabla 21: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.....	40
Tabla 22: Medición del contenido alcohólico (mg/L) en la bebida con túbicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación	41
Tabla 23: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para la concentración alcohólica en bebida fermentada con túbicos en zumo de mango ciruelo. ...	42

Tabla 24: Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de alcohol en la bebida fermentada de tíficos con zumo de mango ciruelo.	47
Tabla 25: Análisis de varianza del grado de satisfacción con respecto al color.....	48
Tabla 26: Análisis de varianza con respecto Olor:	49
Tabla 27: Análisis de Varianza de sabor	49
Tabla 28: Análisis múltiple comparativo con respecto al sabor según los 2 ,4 y 6 días de fermentación	50
Tabla 29: Resultado de la optimización	50
Tabla 30: Datos experimentales del °Brix.....	66
Tabla 31: Método	66
Tabla 32: Información del factor	67
Tabla 33: Análisis de Varianza.....	67
Tabla 34: Resumen del modelo	67
Tabla 35: Método	68
Tabla 36: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar	69
Tabla 37: Pruebas	69
Tabla 38: Datos experimentales del pH.....	70
Tabla 39: Método	71
Tabla 40: Información del factor.....	71
Tabla 41: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar	72
Tabla 42: Datos experimentales de la acidez	74
Tabla 43: Información del factor.....	75
Tabla 44: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar	76
Tabla 45: Datos experimentales del contenido alcohólico	78
Tabla 46: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la bebida probiótica	10
Figura 2: ICs simultáneos de 95% de Tukey	17
Figura 3: ICs simultáneos de 95% de Tukey	18
Figura 4: Superficie de respuesta para concentración de grados Brix (°Brix) bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)	21
Figura 5: Gráfico de contorno para concentración de grados Brix (°Brix) bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)	21
Figura 6: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.	22
Figura 7: Gráfico de Pareto mostrando como los factores % de panela y días de fermentación pasan la línea de color rojo p.	23
Figura 8: ICs simultáneos de 95% de Tukey	28
Figura 9: ICs simultáneos de 95% de Tukey	29
Figura 10: ICs simultáneos de 95% de Tukey	30
Figura 11. Superficie de respuesta para concentración de Acidez bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)	32
Figura 12: Gráfico de contorno para concentración de Acidez bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días).....	33
Figura 13: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.....	34
Figura 14: ICs simultáneos de 95% de Tukey	38
Figura 15: ICs simultáneos de 95% de Tukey	39
Figura 16: ICs simultáneos de 95% de Tukey	40
Figura 17: Superficie de respuesta para concentración de alcohol bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)	43
Figura 18: Gráfico de contorno para concentración de alcohol bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)	44
Figura 19: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.....	45
Figura 20: Gráfico de Pareto mostrando como los factores % de panela y días de fermentación pasan la línea de color rojo p.	46
Figura 21: <i>Gráfica de probabilidad de RESID</i>	68

Figura 22: Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Panela %; días f (d).....	69
Figura 23: Gráfica de probabilidad de RESID	71
Figura 24: Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d).....	73
Figura 25: Gráfica de probabilidad de RESID	75
Figura 26: Gráfica de probabilidad de RESID	79
Figura 27: prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Panela; días_f (d).....	81

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en obtener una bebida probiótica saborizada con mango ciruelo, optimizado y modelado matemáticamente mediante el método de Superficie de Respuesta teniendo en cuenta la concentración de panela y tiempo en el proceso fermentativo. Para la obtención del zumo de mango ciruelo se siguió el método que se especifica en la norma técnica para jugos, néctares y bebidas de fruta. (NTP 203.110, 2009), el porcentaje de tópicos usados fue 10% para todos los tratamientos. Se evaluó las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final. El Diseño experimental fue factorial con dos factores y tres niveles 3^2 ; el porcentaje de panela fue de 4%, 6% y 8% y el tiempo de fermentación 2, 4 y 6 días, de todas ellas se realizaron tres repeticiones. Al final del proceso se evaluó el grado alcohólico, grados Brix, acidez y pH. Los resultados obtenidos fueron sometidos a los estadísticos ANOVA, con un nivel de significancia del 5% y un límite de confianza del 95% resultado óptimo el tratamiento 6% de panela y 4 días de fermentación, en las propiedades fisicoquímicas se obtuvo acidez de 0.12, °Brix de 5.0, pH de 3.30 y % alcohólico 0.28 mg/l.

Palabras claves: Panela, fermentación tópicos, optimización

ABSTRACT

The present work focused on obtaining a probiotic drink flavored with plum mango, optimized and modeled mathematically using the Response Surface method taking into account the concentration of panela and time in the fermentation process. To obtain plum mango juice, the method specified in the technical standard for juices, nectars and fruit drinks was followed. (NTP 203.110, 2009), the percentage of subjects used was 10% for all treatments. The physicochemical and sensory characteristics of the final product were evaluated. The experimental design was factorial with two factors and three levels 3²; the percentage of panela was 4%, 6% and 8% and the fermentation time 2, 4 and 6 days, three repetitions were performed. At the end of the process the alcoholic degree, Brix grades, acidity and pH were evaluated. The results obtained were submitted to the ANOVA statistics, with a level of significance of 5% and a 95% confidence limit. Optimum result was the 6% panela treatment and 4 days of fermentation, in the physicochemical properties acidity of 0.12 was obtained. °Brix of 5.0, pH of 3.30 and alcoholic % 0.28 mg / l.

Keywords: Panela, biblical fermentation, optimization

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la tendencia mundial se ha enfocado en el desarrollo de productos innovadores, que tienen ciertos componentes beneficiosos (prebióticos, fitoquímicos, etc.) o a los cuales se les añaden microorganismos, (probióticos) estos van más allá de la nutrición básica ya que ejercen efectos positivos en el consumidor ya que buscan productos naturales transformados que tenga la menor cantidad de insumos perjudiciales y edulcorados con sustancias no asimilables por el organismo. Dentro de estos productos están las frutas, o sus productos derivados, ya que estas nos ayudan a mejorar la digestión y por tanto nuestra calidad de vida.

Los tíficos se tratan de un cultivo asociados de bacterias y levaduras benignas que se alimentan de azúcar y producen ácido láctico, etanol con bajo contenido y dióxido de carbono dando una bebida fermentada probiótica. Los probióticos se refiere a las bacterias saludables que por lo general se alimenta de las bacterias "malas" no saludables en el estómago y los intestinos. Las propiedades funcionales que tiene este tipo de bebida hacen que en muchos países tenga un incremento en su consumo durante los últimos años, esto se debe a los microorganismos vivos que afectan de forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino. **(Espinoza & Pincay, 2012)**

Los parámetros para la elaboración de bebida probiótica de tarwi tomados de acuerdo a la aceptabilidad sensorial la cual está compuesta por 6% concentración de sacarosa y 4% concentración de inóculo, el cual debe ser inoculado a temperatura de 37°C y cuyo extracto acuoso debe ser preparada en una relación de 1:2 (tarwi-agua), además la producción de la bebida probiótica de tarwi (*Lupinus mutabilis Swet*) presentaría un potencial nuevo en el mercado como un grupo de productos no lácteos. **(Colque, 2016)**

La mejor concentración de microorganismos probióticos y el mejor tiempo de fermentación son los ensayados en el tratamiento t2, que incluye 10% de microorganismos probióticos (2.5 x 10⁶ ufc/ml) y 10 horas de fermentación. **(Huayapa, 2014).**

En el estudio que dio como resultado que el jugo del eje de la inflorescencia de la piña inoculado en proporción de 0,030 gramos por mililitro, se considera como posible bebida probiótica en el intervalo de las 24 a las 72 horas de fermentación, con base en las concentraciones de bacterias ácido-lácticas y de levaduras viables. (Catalán G., 2013).

En este estudio la proporción óptima para obtener el producto (bebida fermentada probiótica); el menor tiempo, se logra obtenerlo a las 31.5 horas y según los resultados de la evaluación sensorial, realizada por los catadores es la de mayor preferencia y aceptación. Esta condición se refiere a proporción de (5.6 gr de panela, 4 gr de tíbicos, en 40ml de agua) temperatura ambiente (27°C). (Espinoza & Pincay, 2012).

Es por ello que se elaboró una bebida probiótica dando valor agregado al *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) y los tíbicos por sus beneficios al organismo debido al gran aporte de vitaminas y minerales. De esta manera se puede impulsar a comercializar y buscar otras alternativas de sustento y aprovechamiento para las familias Jaenas.

Nuestro país, especialmente el departamento de Cajamarca, no se produce mango ciruelo a gran escala como otros frutos debido a que no es tan comercial y es muy poco conocido. En el mercado de frutas el mango ciruelo es una fruta exótica con un gran potencial en valor agregado a pesar de ello no se le encuentra, el presente proyecto permite obtener una bebida probiótica. Así mismo, Jaén es una zona que también produce y comercializa para el mercado interno, en pequeñas cantidades. Mediante la elaboración de una bebida probiótica, saborizada con esta materia prima podría dar inicios a generarle valor agregado, es por ello que buscamos elaborar una bebida probiótica usando mango ciruelo (*Spondias dulcis parkinson*), adicionándole tíbicos, que por sus beneficios al organismo aportando vitaminas y minerales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Obtener por fermentación una bebida probiótica saborizada con *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) usando cultivos de tíficos.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración óptima de panela en la obtención de una bebida probiótica saborizada con *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) usando cultivos de tíficos.
- Determinar el tiempo óptimo de fermentación para la obtención de una bebida probiótica saborizada con *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) usando cultivos de tíficos.
- Determinar las características organolépticas de la bebida probiótica obtenida.
- Determinar las características físico químicas del producto final.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

La presente investigación se realizó en el laboratorio Tecnología de Alimentos de la Carrera Profesional de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima e insumos

- Mango ciruelo (*Spondias dulcis parkinson*).
- Típicos.
- Panela

3.2.2. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos

Equipos

- Incubadora
- Balanza Analítica
- Termómetro digital
- Potenciómetro
- Refractómetro
- Equipo de titulación
- Autoclave
- Estufa
- Incubadora
- Refrigeradora
- Licuadora industrial
- Cocina industrial
- Cocina eléctrica.
- Equipo de destilación

Instrumentos de laboratorio

- Fiolas 100 ml
- Pipetas aforadas
- Pipeta 10ml
- Probeta 50ml
- Bureta
- Vasos de precipitación de 50 y 100 ml,
- Embudo de vidrio
- Matraz Erlenmeyer 500 Y 250ml
- Mechero bunsen
- Pizetas de agua destilada
- Pro pipeta de 10 y 25 ml
- Papel filtro
- Ollas
- Jarras
- Coladores

- Frascos de vidrio 1L
- Cucharas de madera
- Baldes
- Tela organza
- Papel toalla

Reactivos

- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio.
- Bicromato de potasio .
- Ácido sulfúrico.
- Tíio sulfato de sodio.
- Alcohol de 96°
- Agar Rogosa
- Caldo peptona
- Antimicótico

3.2.3. Procedimiento de elaboración de bebida probiótica

Para el desarrollo de la bebida probiótica saborizada con mango ciruelo se siguió una serie de pasos consecutivos en la que en primer lugar se realizó la obtención de la materia prima, luego se hizo un proceso de pesado, procediendo a seleccionar los mejores frutos, el siguiente paso fue lavado y desinfección, de tal manera que se acondicionó la materia prima para obtener el zumo de mango ciruelo. Y para la elaboración de la bebida probiótica se procedió a pasteurizar, inocular; después de esto se dejó a fermentar, luego de la fermentación, se filtró, envasó y refrigeró. Para tal efecto se muestra el resumen del proceso en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Preparación del inóculo

- **Selección**

Se seleccionó los mejores granos de túbicos que se encuentran en un medio fermentativo, que no contengan moho, insectos u otros contaminantes.

- **Lavado**

En un recipiente con agua hervida se sumergió los túbicos por un tiempo de 10 minutos.

- **Escurrido**

Se procedió a eliminar el exceso de agua de la etapa de lavado, para esto se dejó los túbicos dentro del colador por un tiempo a temperatura ambiente hasta que se haya escurrido gran parte del agua.

- **Pesado**

El pesado de los túbicos se realizó en una balanza calibrada, se puso 100 g de túbicos a cada tratamiento.

Acondicionamiento de la materia prima

- **Recepción de la materia prima**

El siguiente estudio fue llevado a cabo con una fruta llamada mango ciruelo se obtuvo de la parada de Morro solar, en un balde de plástico inocuo para mayor protección del fruto y sea de fácil traslado, al laboratorio de Industrias Alimentarias.

- **Pesado y Selección**

Se realizó el pesado en una balanza calibrada. Para determinar el rendimiento, a continuación se desechó la materia prima que presento signos de deterioro, frutos dañados o con indicios de pudrición. Se realizó por inspección ocular.

- **Lavado y desinfectado**

Se lavó la fruta con agua potable, para remover sólidos de la superficie, luego se procedió a la desinfección con hipoclorito de sodio a 80 ppm, por un tiempo de 3 minutos.

- **Escurrido**

Esta operación se realizó con la finalidad de liberar el agua de la fruta.

- **Pelado**

Este proceso se realizó con la ayuda de cuchillos y con mucho cuidado para retirar la cascara de la fruta.

- **Trozado**

Se procedió a picar en trozos pequeños para facilitar el licuado.

- **Extracción del zumo de mango ciruelo**

Se sometió a un proceso de licuado y triturado, con la finalidad de obtener una pasta.

- **Filtración de zumo**

Se pasó por una tela organza con la finalidad de separar los componentes insolubles.

- **Adición de agua a la pulpa**

Se pesó la cantidad de pulpa obtenida, se realizó con relación de 1:3 (pulpa: agua). Por el método de dilución.

Adición de la panela

En los envases que contiene el zumo del mango ciruelo se agregó 3 porcentajes de panela (4%, 6%, 8%), por cada litro y días de fermentación. (NTP 207.200, 2013)

Pasteurizado en botella

Las botellas de 1.5 ml de capacidad, fueron esterilizadas y desinfectadas con alcohol de 60°, para luego adicionar el zumo de mango ciruelo y la panela, y continuar con los ensayos experimentales se sometió a un tratamiento térmico de 90°C por 5 minutos, con el fin de destruir microorganismos y asegurar la inocuidad del producto.

Acondicionamiento del zumo

Los frascos se llevaron a una temperatura de 25 a 30 °C, con el fin de crear un medio adecuado para el crecimiento de los tíficos.

Inoculación.

La inoculación se efectuó agregando el 10% de tíficos para cada muestra, que está a una temperatura de 30°C.

Fermentación

Se realizó a temperatura ambiente pero a diferentes tiempos:

Muestra 1: 3 muestras con tres repeticiones cada uno, donde la fermentación será para 48 horas con la misma concentración de tíficos y variación en el % de panela (4%,6%,8%.) respectivamente.

Muestra 2: 3 muestras con tres repeticiones cada uno, para 96 horas de fermentación con la misma concentración de tíficos y diferente % de panela (4%,6%,8%)

Muestra 3: 3 muestras con tres repeticiones cada uno, para 144 horas de fermentación con la misma concentración de tíficos y diferente % de panela (4%,6%,8%.)

Filtrado

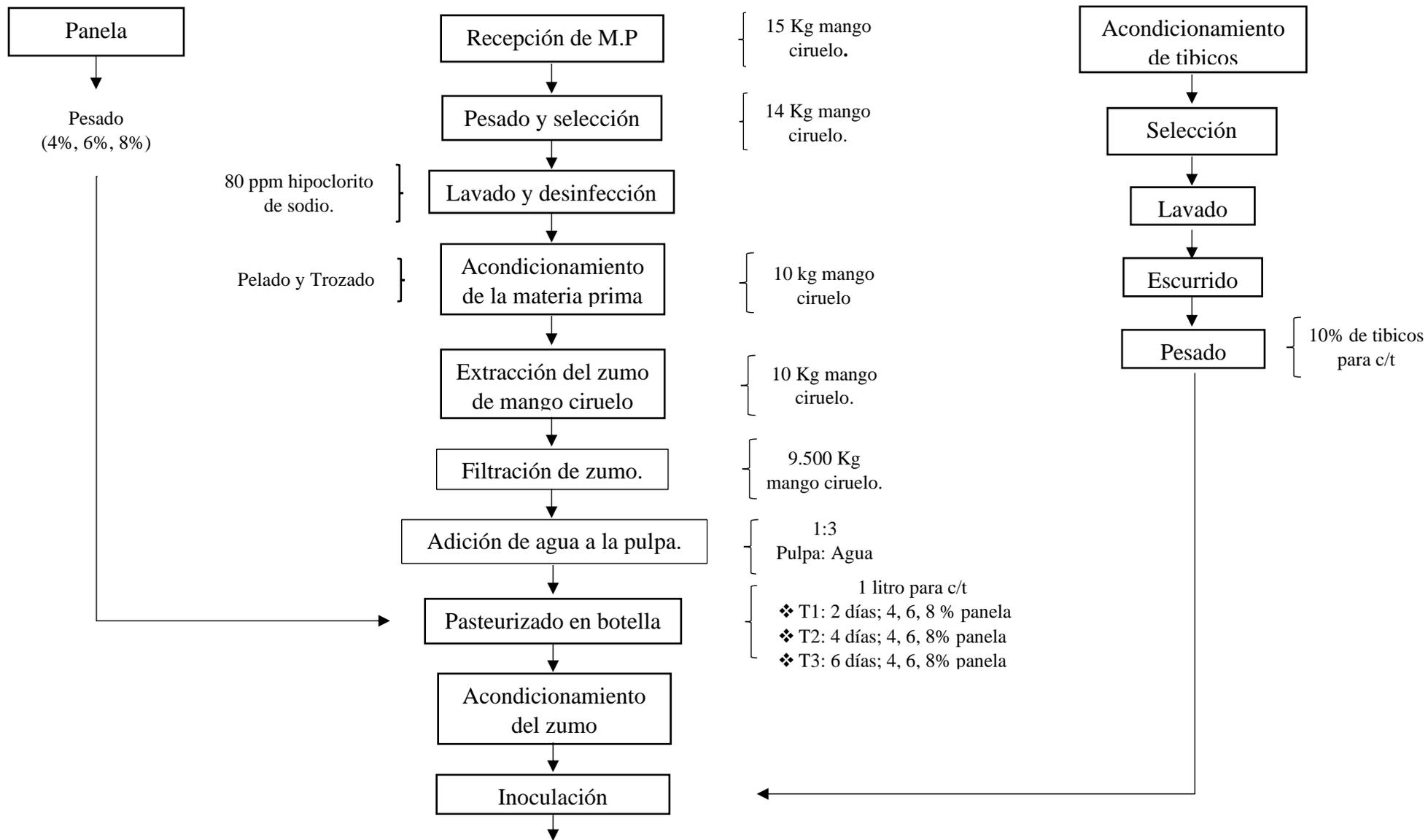
Una vez terminado la etapa de fermentación se procedió a filtrar los túbicos con la bebida fermentada; se separó con un colador de plástico obteniendo la bebida lista para la siguiente operación. Realizado esta operación se pasó a evaluar las características organolépticas.

Envasado

Finalmente obtenida la bebida se procedió a envasar empleando como envase frascos de vidrio, previamente esterilizados.

Refrigerado

Al producto fermentado, se realizó los análisis correspondientes, y luego se procedió a refrigerar los frascos a temperatura de 10 °C, con el fin de frenar la producción de acidez y de conservar el producto con sus cualidades nutricionales y organolépticas.



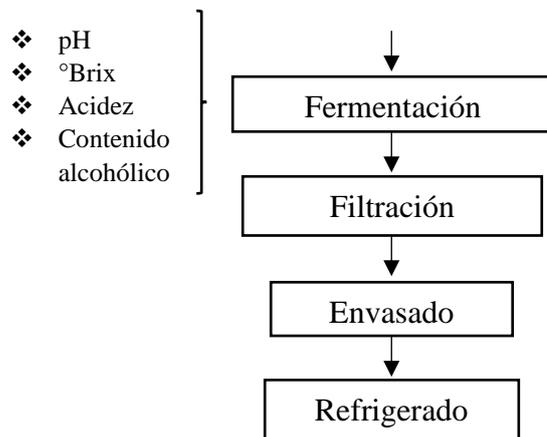


Figura 1. Diagrama de flujo de la bebida probiótica

3.2.4. Análisis fisicoquímicos

a. Determinación de pH

- Se colocó la muestra en un vaso de precipitación de 20 ml.
- Se introdujo el potenciómetro en la muestra a medir.
- Se esperó 1 minuto hasta asegurar que la lectura se ha estabilizado
- El valor que te marca es tu medida. Anotar la medida

b. Sólidos solubles o grados °Brix

- Se colocó 1-2 gotas de la muestra preparada en el prisma del refractómetro, se cerró la tapa para que se esparza homogéneamente; se colocó el refractómetro bajo la luz solar para así poder ver la escala a través del ocular. Anotar la medida.

c. Determinación de la acidez

- Se extrajo 10 ml de muestra con una pipeta en una Fiola de 100 ml.
- Se llenó la Fiola con agua destilada hasta los 100 ml luego se agito.
- Con una pipeta aforrada se extrajo de la Fiola 25 ml de muestra y se colocó en un vaso Erlenmeyer. Se añadió con una probeta 20 ml de agua destilada y se agregó -2 gotas de fenolftaleína. Tres repeticiones.
- Se hizo una titulación rápida con $NaOH$ 0.0982 N

El porcentaje de acidez se determinó según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{PE (\text{Ac. cítrico}) * N (\text{NaOH}) * V(\text{NaOH})}{10 * V(\text{muestra})} * 100$$

3.2.5. Análisi sensorial

- Se realizó para tener información en relación al color, aroma, sabor, del producto obtenido. Se aplicó el test Hedónico, con una escala de 1 a 5 puntos. Los resultados fueron analizados con el programa ANVA. (Anexo N° 19)

3.2.6. Determinación de contenido alcohólico

Se realizó por el método de bicromato de potasio, este método puede aplicarse solo con soluciones diluidas, por lo cual la muestra original debe diluirse. (Vinagre, 2017).

- Se diluyó 25 ml de muestra en 50 ml de agua destilada.
- Se preparó en un Erlenmeyer una mezcla con 25 ml de bicromato de potasio 0,1 N y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Se agregó a la mezcla anterior 10 ml de la solución a analizar y deje en reposo durante 30 minutos para que ocurra la reacción.
- Se añadió a la mezcla anterior 10 ml de solución de yoduro de potasio al 10%.
- Se tituló de inmediato el yodo puesto en libertad durante la reacción anterior con tiosulfato de sodio 0,1 N y 0,5 ml de solución de almidón como indicador.
- Se preparó un blanco siguiendo el proceso descrito, pero con agua en lugar de la muestra.
- La concentración de alcohol se determinó por la siguiente formula:

$$c = \frac{1,15(a - b)FN}{V}$$

Donde:

C: concentración, g/L

a: volumen de tiosulfato gastado en el blanco

b: volumen de tiosulfato gastado en la muestra

F: factor de dilución de la muestra

N: normalidad del tiosulfato de sodio

V: volumen de solución titulada

3.2.7. Determinación de presencia de bacterias ácido lácticas.

La determinación de presencia de bacterias ácido lácticas en la bebida probiótica, se realizó en Agar Rugosa (medio específico para la determinación de lactobacilos); el procedimiento es el siguiente:

- En un Erlenmeyer se midió 400 ml de agua destilada.

- Se pesó 29.8 g de agar Rugosa añadir en el Erlenmeyer diluir las partículas de agar.
- Se preparó caldo peptona 2.2 gramos por 100 ml de agua destilada.
- Se llevó a hervir el agar hasta que no tenga residuos.
- Una vez hervido el caldo peptona se separó 9 ml de caldo peptona en cada tubo de ensayo para luego proceder auto clavar.
- Se dejó enfriar.
- Se agregó un antimicótico (ketoconazol) para inhibir el crecimiento de hongos.
- La muestra (bebida probiótica), se preparó por el procedimiento de diluciones, se hizo una solución inicial (dilución 10^{-1}) donde se extrajo 10 ml de muestra y vertió en un matraz Erlenmeyer que contiene 90 ml de caldo peptona al 0,1%, se homogeneizo por 5 minutos, luego se toma 1 ml de la dilución 10^{-1} (con una jeringa introducir en un tubo de ensayo esterilizado que contiene 9 ml de caldo peptona al 0,1%, obteniéndose la dilución 10^{-2} y así sucesivamente se realizó las diluciones que se desee, todo proceso se realizó frente de un mechero para crear asepsia al medio.
- Se inoculó por duplicado, 1 ml de cada dilución a cada placa Petri, mediante una jeringa.
- En cada placa Petri que contiene la muestra se añadió 15 ml del medio del medio fundido y mantenido a 45° C. Para homogenizar se mesclo mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, cuidar que el medio no moje la cubierta de la placa dejar solidificar.
- Se incubó las cajas en posición invertida durante 3 días a 37° C
- Realizar tinción de Gram para la observación microscópica de bacterias ácido lácticas. Ver anexo N° 10

3.2.8. Diseño estadístico

Se utilizó el diseño estadístico completamente aleatorio (DCA), con arreglo factorial de tres niveles y dos factores (3^2), de ello se obtuvo 9 tratamientos, con 3 repeticiones, las variables estudiadas son las siguientes:

- Variable independiente

- Tiempo
- Porcentaje de panela
- Variable dependiente
 - pH
 - °Brix
 - Acidez
 - Contenido alcohólico

Tabla 1: Descripción de los nueve tratamientos y sus variables

N° de pruebas	Panela (%)	Tiempo (días)
1	B1	C1
2	B1	C2
3	B1	C3
4	B2	C1
5	B2	C2
6	B2	C3
7	B3	C1
8	B3	C2
9	B3	C3

Leyenda	
% Panela (B)	B1:4% B2:6% B3:8%
Tiempo (C)	C1:2 C2:4 C3:6

3.2.9. Análisis estadístico

A los datos obtenidos se realizó el análisis de normalidad (Prueba de Anderson Darling) y homogeneidad de varianzas (Estadístico de Bartlett) ambos con una significancia de 0.05, para saber si los datos cumplen con los requisitos de normalidad y homogeneidad y así seguir con los análisis posteriores. Una vez realizado estos estadísticos se procedió a ejecutar el ANVA con una significancia de 0.05 para determinar si hay diferencia significativa en cada variable o interacción de ellas. Luego de esa prueba, se aplicó la prueba de Tukey para determinar la intensidad de las diferencias significativas y saber cuáles de los tratamientos son iguales o diferentes. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico Minitab V 18.0.

Con la ayuda de los análisis anteriores, se escogió los mejores tratamientos de concentración de panela y tiempo de fermentación con respecto a los grados Brix, pH, acidez y contenido alcohólico, para realizar la optimización del proceso mediante Superficie de Respuesta. Con esta metodología se realizó los modelamientos lineales, lineales-cuadráticos, lineales de segundo orden, y lineales-cuadráticos de segundo orden de los efectos principales. Así se determinó el mejor modelo, considerando los R^2 y la suma de los cuadrados de sus errores, lo que al final nos llevó mediante el cálculo de los coeficientes de regresión al modelamiento matemático, ecuación con la que se optimiza el tratamiento elegido. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico Statistica V 10.00.

IV. RESULTADOS

Para determinar cuál es el mejor tratamiento y poder predecir las condiciones óptima de las variables independientes se procedió a usar los modelos lineales que se muestran a continuación:

4.1. Análisis del efecto de °Brix

4.1.1. Análisis de varianza o prueba de efectos principales con respecto al °Brix

Como en ambos casos anteriores se cumplen los supuestos, ahora corresponde analizar si los promedios difieren entre ellas, los niveles de cada factor y los tratamientos correspondientes a las interacciones.

Corresponde responder las siguientes cuestiones:

¿Existen diferencias en el °Brix promedio en función a la combinación de los niveles de concentración de panela y tiempo de fermentación? ¿Afecta de forma distinta en el °Brix cuando se usa algún porcentaje de panela? ¿Afecta de forma distinta en el °Brix cuando se fermenta por un determinado periodo de días?

Tabla 2: Análisis de Varianza del °Brix

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panela %	2	48.225	24.1126	167.79	0.000
días f (d)	2	11.470	5.7348	39.91	0.000
Panela %*días f (d)	4	1.161	0.2904	2.02	0.135
Error	18	2.587	0.1437		
Total	26	63.443			

- ✓ Combinación de los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación
H0: no hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en el °Brix.

H1: existe interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en el °Brix.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: $F = 2.02$

P-valor = $0.135 > 0.05 (\alpha)$

Decisión: *no se rechaza la hipótesis nula*

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que no hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en el °Brix.

✓ Nivel de porcentaje de panela

Hipótesis:

H0: No hay efecto del porcentaje de panela en la concentración de grados Brix.

H1: Hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre la concentración de grados Brix.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: $F = 167.79$

P-Valor = 0.000, este es $< \alpha$

Decisión: *Se rechaza la hipótesis nula.*

Para una significancia del 5%, si hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre el °Brix.

✓ Nivel de días de fermentación

Hipótesis:

H0: No hay efecto de los días de fermentación en la concentración de °Brix.

H1: Hay efecto de algún nivel de días de fermentación sobre la concentración de °Brix.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: $F = 39.91$

P-Valor = 0.000, este es $< \alpha$

Decisión : *Se rechaza la hipótesis nula.*

Conclusión : Para una significancia del 5%, si hay efecto de algún nivel días de fermentación sobre el °Brix.

4.1.2. Comparaciones múltiples (TUKEY)

Si afecta el porcentaje de panela en el °Brix ¿Cuál es el nivel de concentración de panela más adecuado?

Hipótesis:

H0: $\mu_i = \mu_j$

H1: $\mu_i \neq \mu_j$, para todo $i \neq j$

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Comparaciones para °Brix

Comparaciones por parejas de Tukey: % Panela

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 3: Medias con respecto al °Brix

Panela %	N	Media	Agrupación
8	9	7.11111	A
6	9	5.11111	B
4	9	3.86667	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

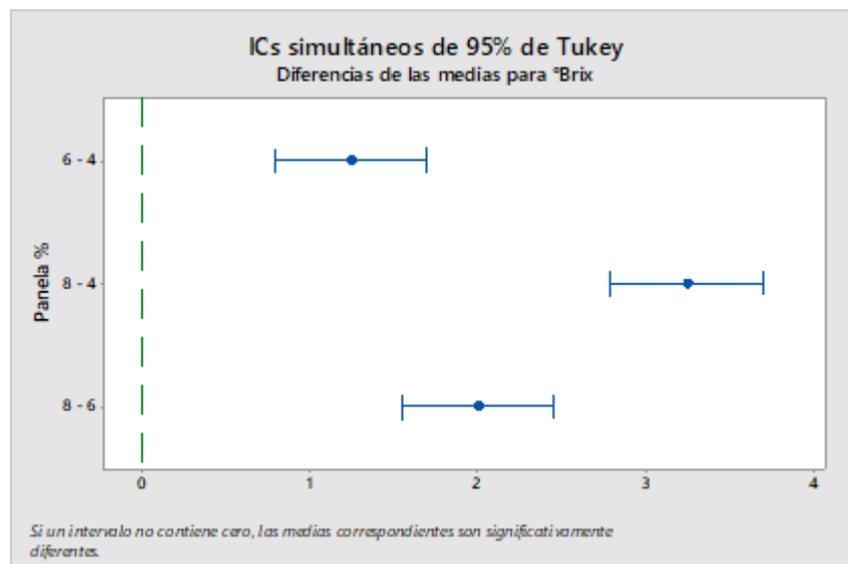


Figura 2: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de porcentaje de panela de mayor eficacia para el °Brix son 6% de panela.

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: días f (d)

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Días f (d)	N	Media	Agrupación
2	9	6.22222	A
4	9	5.22222	B
6	9	4.64444	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

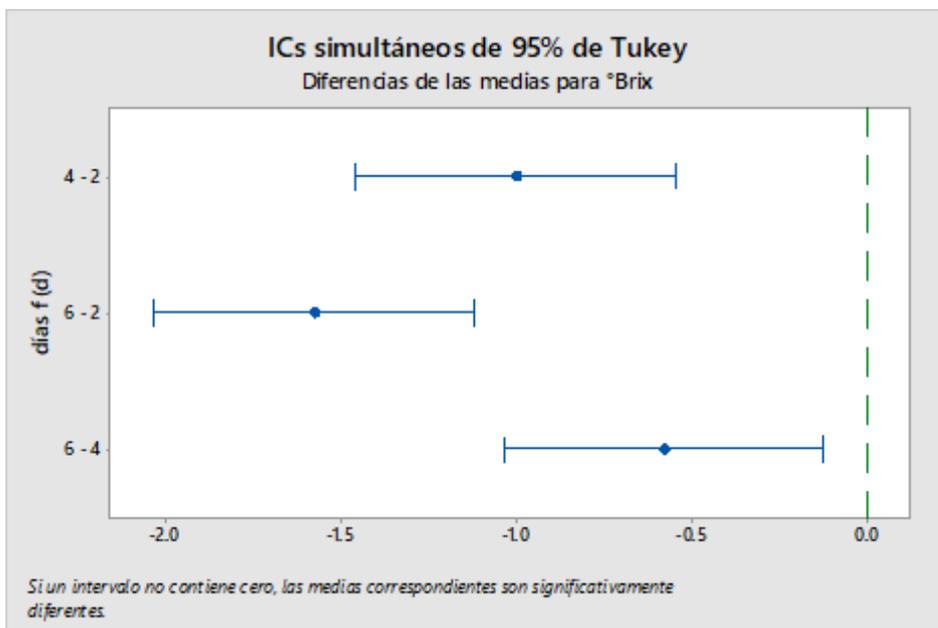


Figura 3: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de días de fermentación de mayor eficacia para el °Brix son de 4 días de fermentación.

4.1.3. Aplicación de superficie de respuesta para °Brix

Tabla 4: Medición del grado Brix en la bebida con tópicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación

Porcentaje %	Días (d)	°Brix
4.0	2	4.7
4.0	4	3.8
4.0	6	3.1
6.0	2	5.7
6.0	4	5.0
6.0	6	4.7
8.0	2	8.3
8.0	4	6.9
8.0	6	6.1

Utilizando el paquete estadístico Statistica 10 y con los datos de la tabla 6 que se muestra a continuación se obtuvo los valores del R^2 y suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir los Grados Brix (°Brix) en la bebida con tópicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación.

Donde se obtuvo que el mejor modelo que correlaciona los datos experimentales de grados Brix (°Brix) fue el modelo “Modelo lineal cuadrático de efectos principales (2)”, ya que no existe mucha diferencia con modelos más complejos.

Tabla 5: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para los Grados Brix ($^{\circ}$ Brix) en bebida fermentada con táticos en zumo de mango ciruelo.

	Modelos de análisis del DCCR			
	1	2	3	4
R ²	0.96245	0.98091	0.96793	0.98639
Suma de cuadrados del error	0.76172	0.38716	0.65061	0.27604

Fuente: Statistica V10.0

Leyenda de modelos de análisis DCCR:

1. Lineal con solo efectos principales
2. Lineal cuadrático de efectos principales
3. Lineal de efectos principales de segundo orden
4. Lineal cuadrático de efectos principales de segundo orden

Como se puede apreciar, el elevado valor del coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado (2) para predecir los Grados Brix ($^{\circ}$ Brix) en bebida fermentada con táticos en zumo de mango ciruelo ($R^2=0.96224$) nos permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta Figura 4 como de contorno Figura 5.

En la figura 4 predice que a un 4% de panela y 6 días de fermentación se logra obtener las concentraciones más bajas de grados Brix ($^{\circ}$ Brix). Esto se puede apreciar más claramente en la figura 5.

En la figura 4. La región roja verde (> 0.3 $^{\circ}$ Brix) sugiere que la combinación de Porcentaje de panela y tiempo de fermentación van a generar la menor concentración de grados Brix ($^{\circ}$ Brix), lo que nos facilita a encontrar el mejor modelo de selección para predecir la concentración de grados Brix ($^{\circ}$ Brix), demostrándose de este modo, que el consumo de los azúcares presentes en la bebida de panela está siendo efectiva.

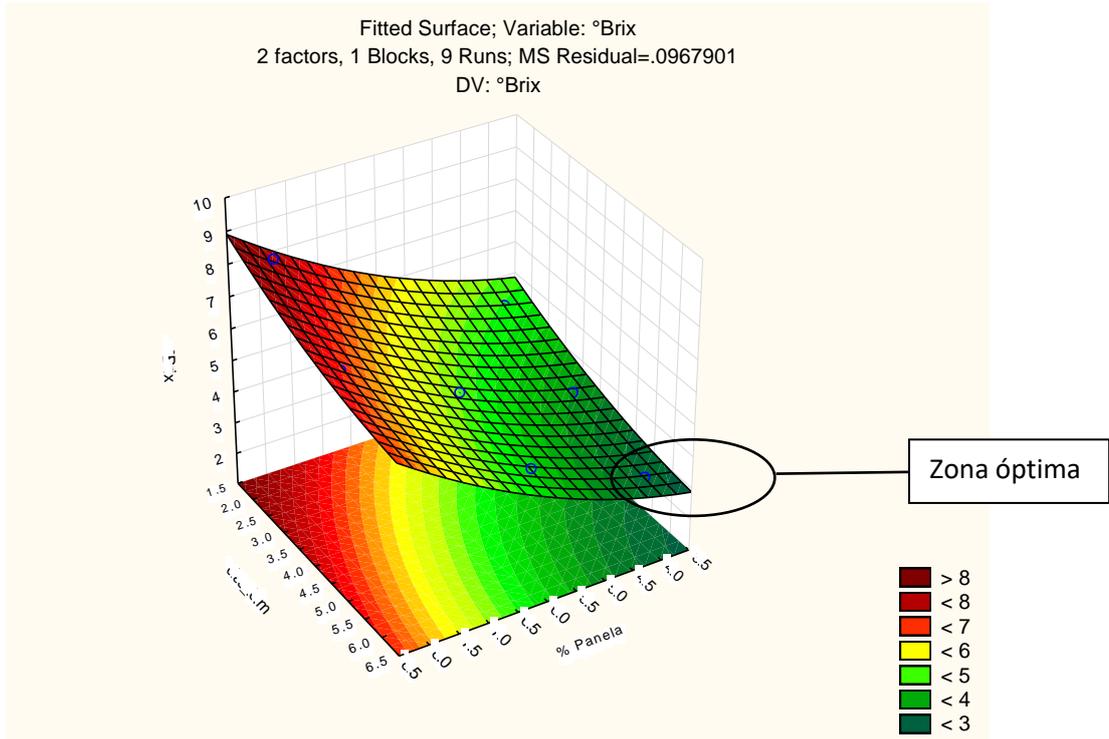


Figura 4: Superficie de respuesta para concentración de grados Brix (°Brix) bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

El gráfico de contornos nos permite ver con más claridad las regiones óptimas, las cuales están indicadas de color verde oscuro (<math>< 3</math>), la cual está generada por la interacción de concentración de panela y días de fermentación.

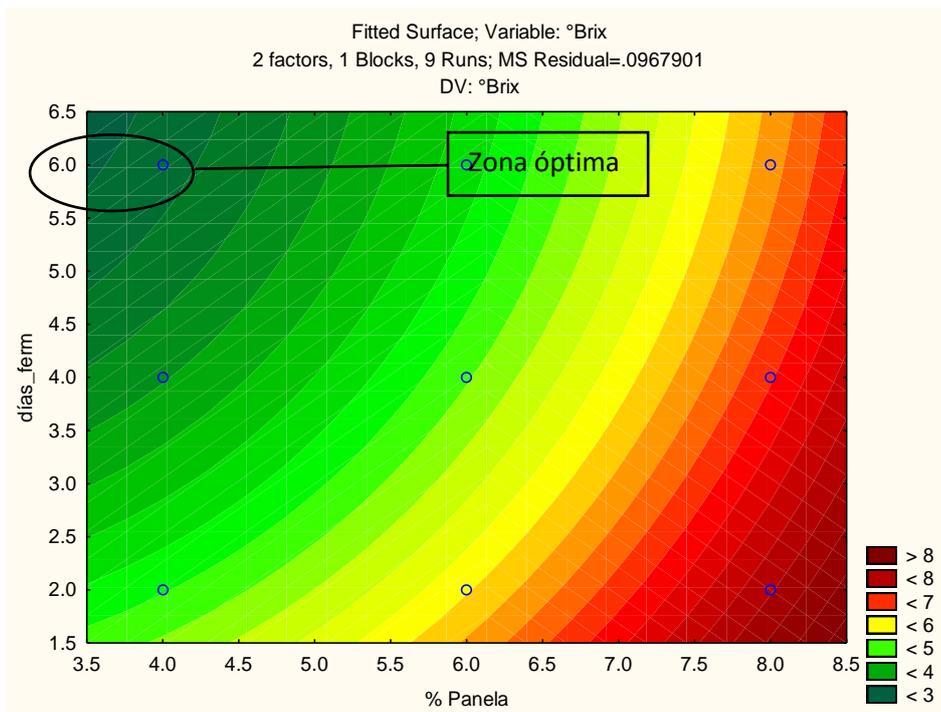


Figura 5: Gráfico de contorno para concentración de grados Brix (°Brix) bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

En la figura 6, se muestra la linealidad de los valores experimentales con los predichos donde los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos por el modelo se encuentran en la línea de color rojo. Se puede apreciar claramente que los valores experimentales no están encuetran tan dispersos de los predichos.

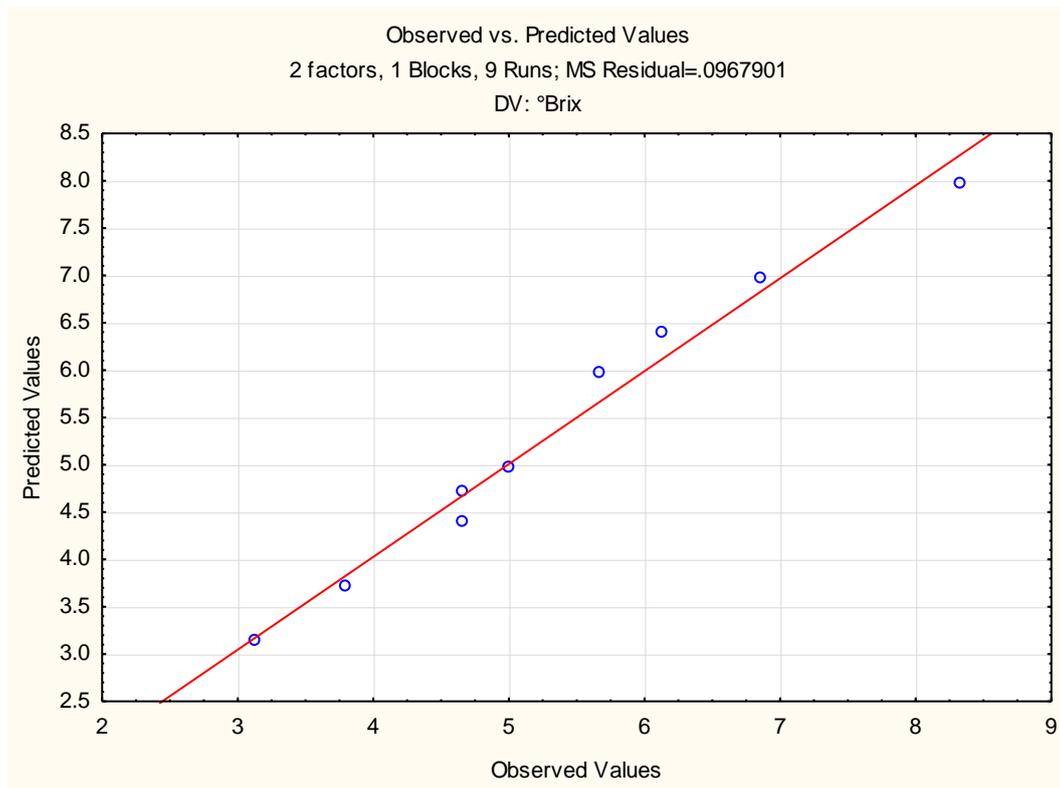


Figura 6: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.

Realizando el análisis de varianza para la variable de contenido grados Brix ($^{\circ}$ Brix) y aplicando el modelo seleccionado de la tabla 7, se obtuvo que los efectos principales (% de panela y tiempo de fermentación) fueron significativos ($p < 0.05$).

Factor	ANOVA; Var.: $^{\circ}$ Brix; R-sqr=.98091; Adj:.96183 (Spreadsheet7)				
	2 factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0967901				
	DV: $^{\circ}$ Brix				
	SS	df	MS	F	p
(1) % panela (L)	15.7896296	1	15.7896	163.1326	0.000216
(2) días ferment. (L)	3.73407407	1	3.73407	38.57908	0.003418
Error	0.38716049	4	0.09679		
Total SS	20.2854321	8			

Para verificar si los factores porcentaje de panela y tiempo de fermentación son significativos, recurrimos a los diagramas de Pareto, en donde se aprecia claramente que pasan la línea roja con valor $p = 0.005$, tal como se muestra en la Figura 7.

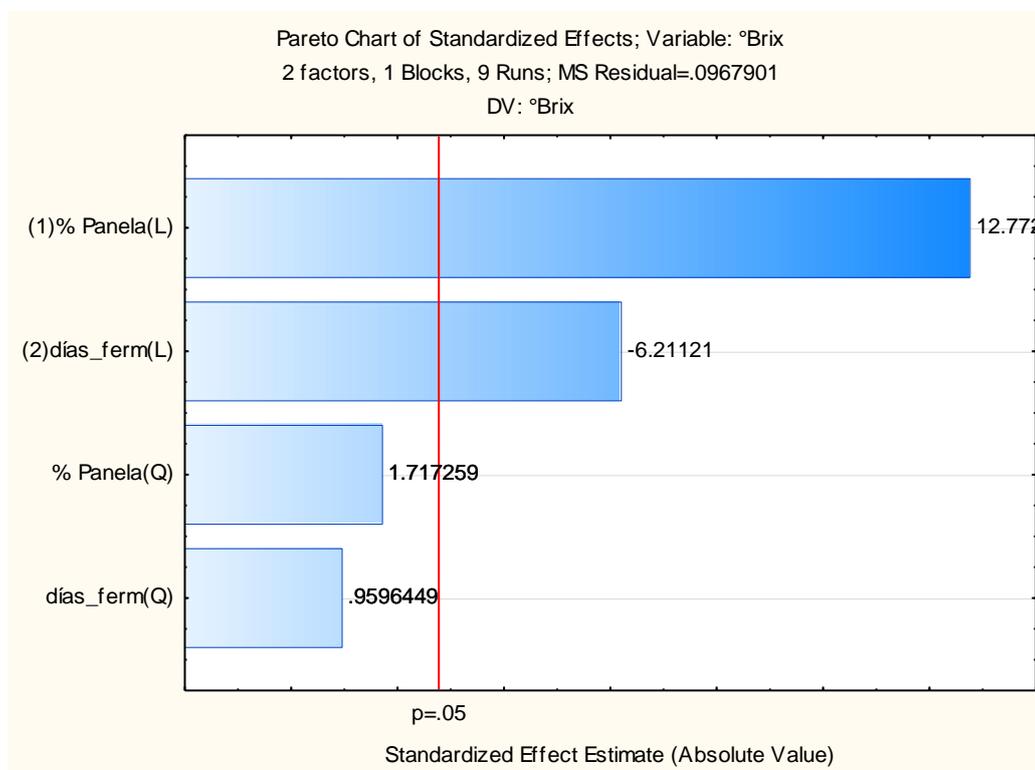


Figura 7: Gráfico de Pareto mostrando como los factores % de panela y días de fermentación pasan la línea de color rojo p .

4.1.4. Determinación de coeficientes de regresión para la optimización mediante modelamiento matemático

El comportamiento a predecir respecto a la concentración de grados Brix ($^{\circ}$ Brix), se puede realizar mediante ecuaciones matemáticas para cualquier combinación de porcentaje de panela y días de fermentación se muestran en la tabla siguiente mediante los coeficientes de regresión para el contenido alcohólico según el modelo seleccionado (Modelo 2 de la tabla 7).

Tabla 6: Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de grados Brix ($^{\circ}$ Brix) en la bebida fermentada de tópicos con zumo de mango ciruelo.

Regr. Coefficients; Var.: $^{\circ}$ Brix; R-sqr=.98091; Adj:.96183 (Spreadsheet7)						
2 factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0967901						
DV: $^{\circ}$ Brix						
Factor	Coef. Regresión	Error estándar	t (22)	p	-95%	+95%
Mean/interacc.	5.9259	2.0295	2.9199	0.0432	0.2911	11.5608
(1) % Panela (L)	-0.3222	0.6630	-0.4860	0.6524	-2.1630	1.5186
% Panela (Q)	0.0944	0.0550	1.7173	0.1611	-0.0583	0.2471
(2) d_ferment. (L)	-0.8167	0.4445	-1.8371	0.1401	-2.0509	0.4176
d_ferment (Q)	0.0528	0.0550	0.9596	0.3916	-0.0999	0.2055

4.1.5. Modelo matemático proximal obtenido para el contenido alcohólico, $R^2 = 0.98091$

$$\% \text{ Grados Brix } (^{\circ}\text{Brix}) = 5.2959 - 0.3222 (P) + 0.094 (P^2) - 0.8167 (d) + 0.0528 (d^2)$$

4.2. Análisis de los datos obtenidos para el efecto del pH.

4.2.1. Análisis de Varianza o prueba de efectos principales con respecto del pH

Tabla 7: Análisis de Varianza del pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
% Panela	2	0.01344	0.006719	7.41	0.004
días_f (d)	2	0.03284	0.016418	18.11	0.000
% Panela*días_f (d)	4	0.01174	0.002934	3.24	0.036
Error	18	0.01632	0.000907		
Total	26	0.07433			

Tabla 8: Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0301103	78.04%	68.29%	50.60%

4.3. Análisis de los datos obtenidos para el efecto de la acidez

4.3.1. Análisis de varianza o prueba de efectos principales con respecto a la acidez

Como en ambos casos anteriores se cumplen los supuestos, ahora corresponde analizar si los promedios difieren entre ellas, los niveles de cada factor y los tratamientos correspondientes a las interacciones.

Corresponde responder las siguientes cuestiones:

¿Existen diferencias en la acidez promedio en función a la combinación de los niveles de concentración de panela y tiempo de fermentación? ¿Afecta de forma distinta en la acidez cuando se usa algún porcentaje de panela? ¿Afecta de forma distinta en la acidez hallas cuando se fermenta por un determinado periodo de días?

Tabla 9: Análisis de Varianza Acidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
% Panela	2	0.000830	0.000415	8.00	0.003
días_f (d)	2	0.002541	0.001270	24.50	0.000
% Panela*días_f (d)	4	0.001548	0.000387	7.46	0.001
Error	18	0.000933	0.000052		
Total	26	0.005852			

P-valor = 0.001 < 0.05 (α)

- ✓ Combinación de los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación
H0: no hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la acidez.

H1: existe interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la acidez.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: F= 7.46

Decisión: **Se rechaza la hipótesis nula**

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que sí hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la acidez.

- ✓ Nivel de porcentaje de panela

Hipótesis:

H0: No hay efecto del porcentaje de panela en la acidez.

H1: Hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre la acidez.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: F = 8.00

Decisión : **Se rechaza la hipótesis nula.**

Conclusión : con una significancia del 5%, se concluye que sí hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre la acidez.

- ✓ Nivel de días de fermentación

Hipótesis:

H0: No hay efecto de los días de fermentación en la acidez.

H1: Hay efecto de algún nivel de días de fermentación sobre la acidez.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: $F = 24.50$

Decisión : *Se rechaza la hipótesis nula.*

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que hay efecto de algún nivel días de fermentación sobre la acidez.

4.3.2. Comparaciones múltiples para acidez (Tukey)

Si afecta el porcentaje de panela en el °Brix ¿Cuál es el nivel de concentración de panela más adecuado?

Hipótesis:

H0: $u_i = u_j$

H1: $u_i \neq u_j$, para todo $i \neq j$

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: % Panela

Tabla 10: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

% Panela	N	Media	Agrupación
6	9	0.130000	A
8	9	0.125556	A
4	9	0.116667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

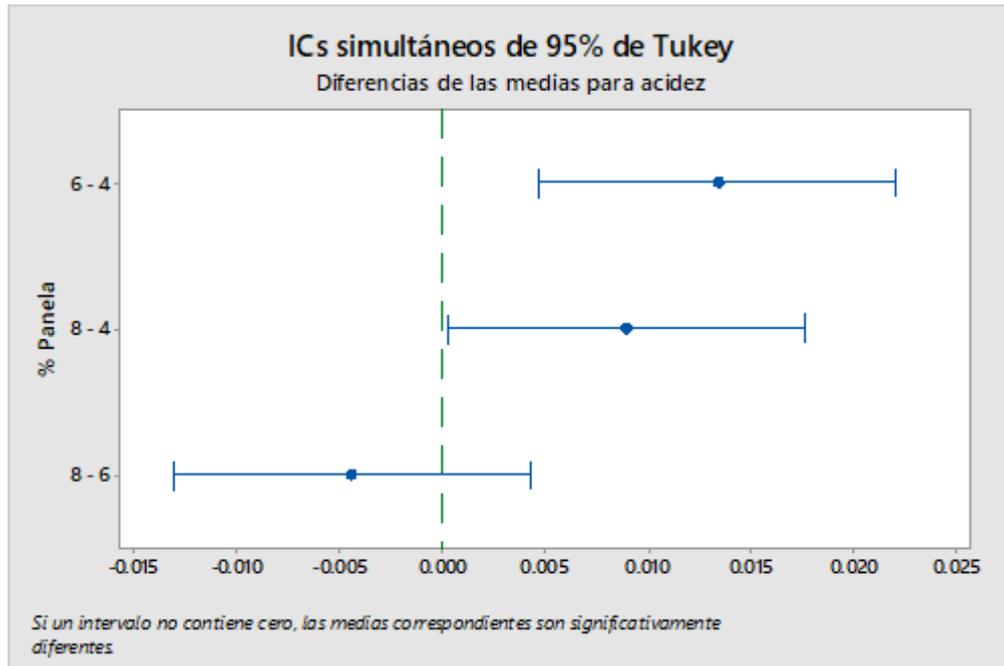


Figura 8: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de porcentaje de panela de mayor eficacia para la acidez es 6%

✓ Comparaciones por parejas de Tukey: días_f (d)

Tabla 11: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Días_f (d)	N	Media	Agrupación
6	9	0.137778	A
4	9	0.117778	B
2	9	0.116667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

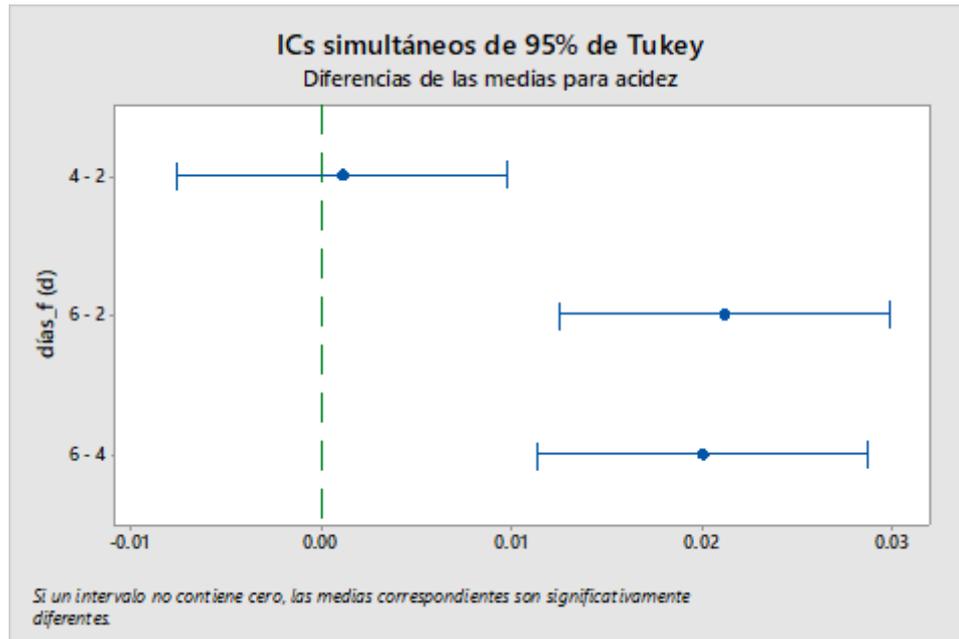


Figura 9: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de días de fermentación de mayor eficacia para la acidez son de 4 días.

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: % Panela*días_f (d)

Tabla 12: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

% Panela*días_f (d)	N	Media	Agrupación
8 6	3	0.140000	A
4 6	3	0.136667	A
6 6	3	0.136667	A
6 2	3	0.133333	A
8 4	3	0.130000	A B
6 4	3	0.120000	A B C
4 2	3	0.110000	B C
8 2	3	0.106667	C
4 4	3	0.103333	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

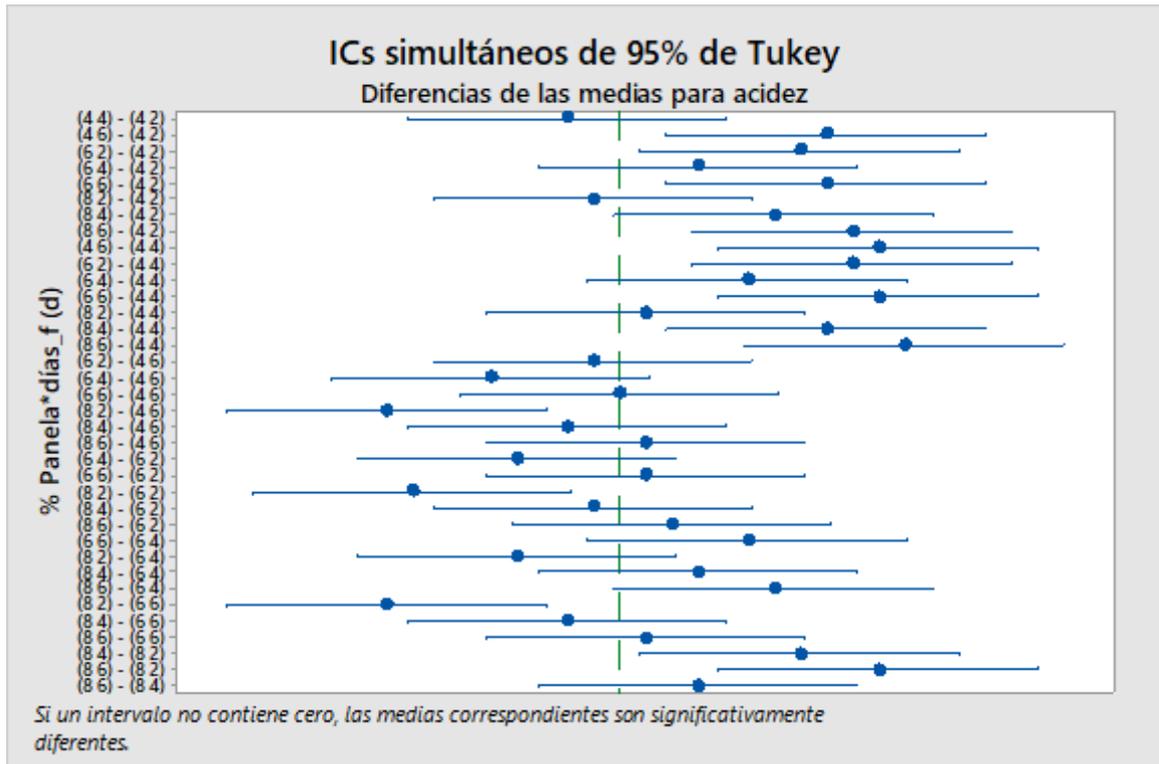


Figura 10: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles concentración de panela y días de fermentación de mayor eficacia para la acidez son 6% y 4 días respectivamente.

4.3.3. Aplicación de superficie de respuesta para Acidez

Tabla 13: Medición de la acidez en la bebida con tópicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación

Porcentaje %	Días (d)	Acidez
4.0	2	0.110
4.0	4	0.103
4.0	6	0.137
6.0	2	0.133
6.0	4	0.120
6.0	6	0.137
8.0	2	0.107
8.0	4	0.130
8.0	6	0.140

Utilizando el paquete estadístico Statistica 10 y con los datos de la tabla 13, que se muestra a continuación se obtuvo los valores del R^2 y suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir la acidez en la bebida con tópicos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación.

Donde se obtuvo que el mejor modelo que correlaciona los datos experimentales de Acidez fue el modelo “Modelo lineal cuadrático de efectos principales (2)”, ya que no existe mucha diferencia con modelos más complejos.

Tabla 14: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para la Acidez en bebida fermentada con tópicos en zumo de mango ciruelo.

	Modelos de análisis del DCCR			
	1	2	3	4
R²	0.48005	0.68524	0.48682	0.69202
Suma de cuadrados del error	0.000852	0.000516	0.000841	0.00050

Fuente: Statistica V10.0

Leyenda de modelos de análisis DCCR:

1. Lineal con solo efectos principales
2. Lineal cuadrático de efectos principales
3. Lineal de efectos principales de segundo orden
4. Lineal cuadrático de efectos principales de segundo orden

Como se puede apreciar, el elevado valor del coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado (4) para predecir los Acidez en bebida fermentada con tópicos en zumo de mango ciruelo ($R^2=0.69$) nos permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta Figura 11 como de contorno Figura 12.

En la figura 11 predice que a un 6,5 % de panela y 6 días de fermentación se logra obtener las concentraciones más bajas de Acidez. Esto se puede apreciar más claramente en la figura 12.

En la figura 12. La región roja (> 0.15 acidez) sugiere que la combinación de Porcentaje de panela y tiempo de fermentación van a generar la menor concentración de Acidez, lo que nos facilita a encontrar el mejor modelo de selección para predecir la concentración de Acidez, demostrándose de este modo, que el consumo de los azúcares presentes en la bebida de panela está siendo efectiva.

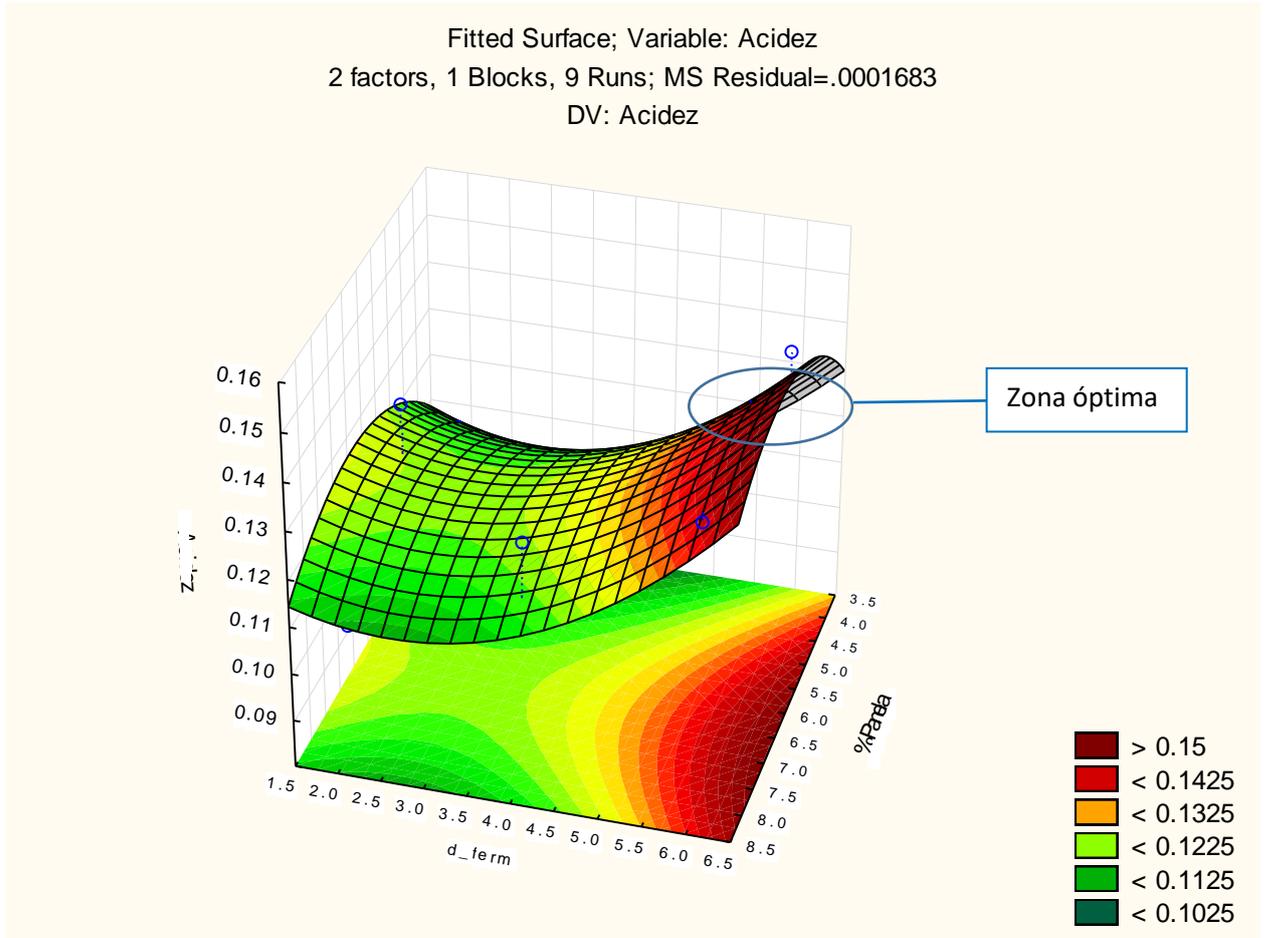


Figura 11. Superficie de respuesta para concentración de Acidez bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

El gráfico de contornos nos permite ver con más claridad las regiones óptimas, las cuales están indicadas de color rojo oscuro (> 0.15), la cual está generada por la interacción de concentración de panela y días de fermentación.

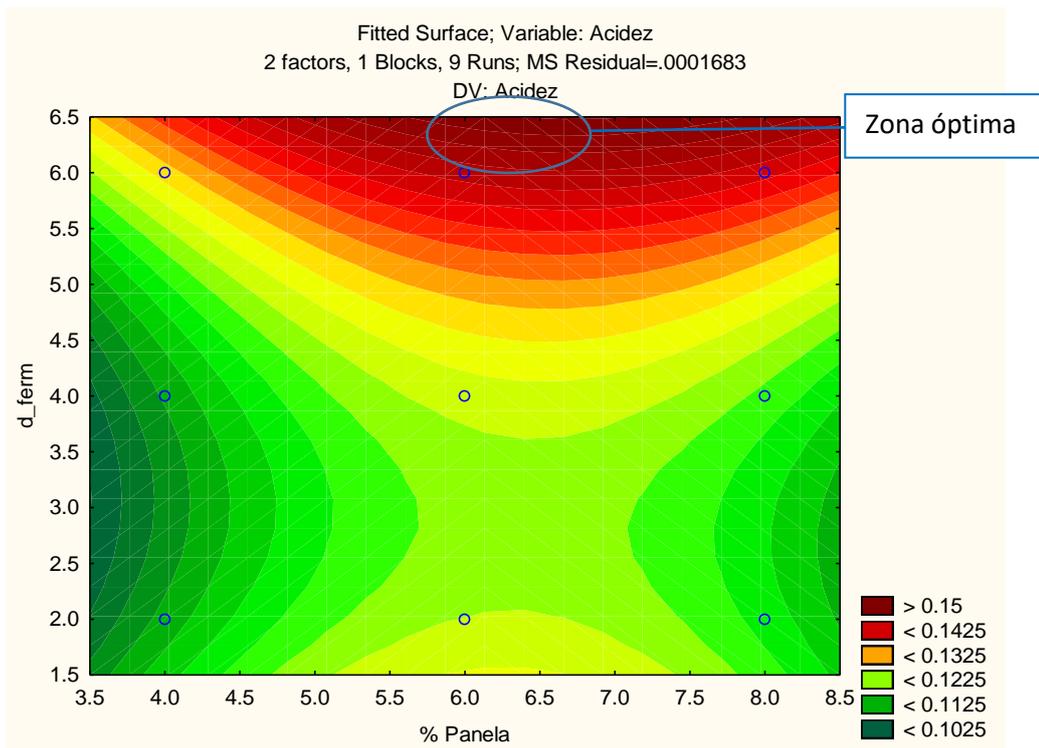


Figura 12: Gráfico de contorno para concentración de Acidez bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

En la figura 13, se muestra la linealidad de los valores experimentales con los predichos donde los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos por el modelo se encuentran en la línea de color rojo. Se puede apreciar claramente que los valores experimentales no están encuentran tan dispersos de los predichos.

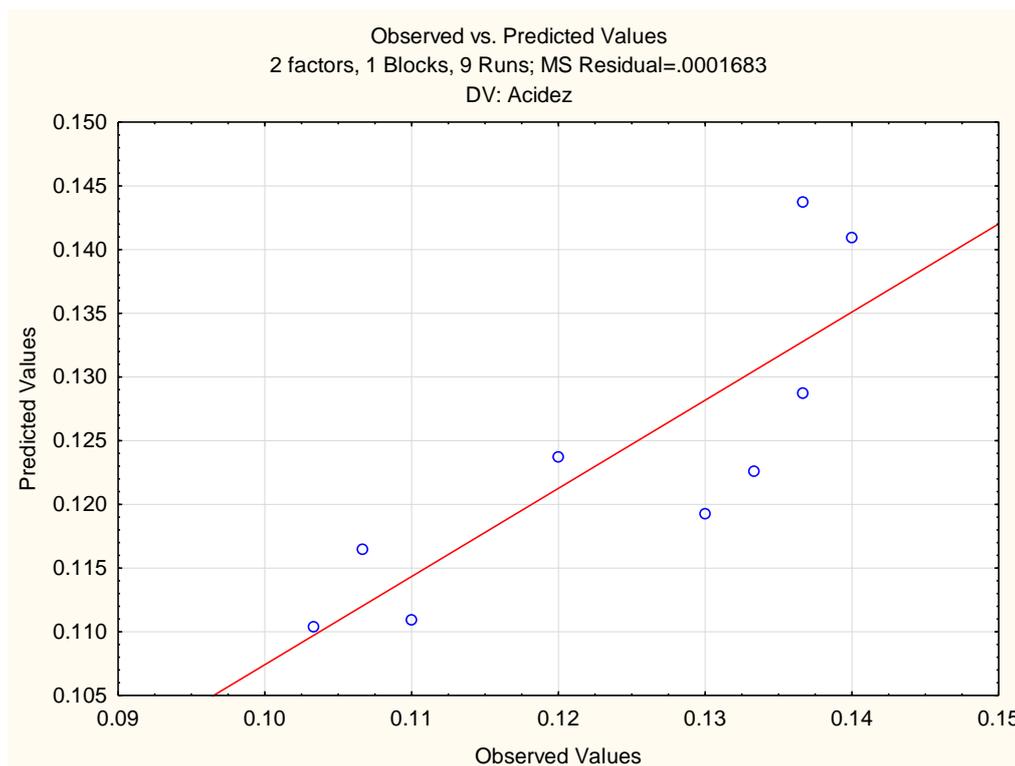


Figura 13: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.

Realizando el análisis de varianza para la variable de contenido de acidez y aplicando el modelo seleccionado de la tabla 14, se obtuvo que los efectos principales (% de panela y tiempo de fermentación) fueron significativos ($p < 0.05$).

Tabla 15: Análisis de varianza para la acidez

ANOVA; Var.:Acidez; R-sqr=.69202; Adj:.17871 (Spreadsheet1)					
2 factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0001683					
DV: Acidez					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1) % panela (L)	0.0001185	1	0.00011851	0.704156	0.4629907
(2) días ferment. (L)	0.0006685	1	0.00066851	3.9718826	0.1402805
Error	0.0005049	3	0.00016831		
Total SS	0.0016395	8			

El comportamiento a predecir respecto a la concentración de Acidez, se puede realizar mediante ecuaciones matemáticas para cualquier combinación de porcentaje de panela y días de fermentación se muestran en la tabla siguiente mediante los coeficientes de regresión para el contenido alcohólico según el modelo seleccionado (Modelo 4 de la tabla 14).

Tabla 16: Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de Acidez en la bebida fermentada de típicos con zumo de mango ciruelo.

Regresión Coefficients; Var.: Acidez; R-sqr=.69202; Adj.:.17871 (Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0001683 DV: Acidez						
Factor	Coef. Regresión	Error estándar	t (22)	p	-95%	+95%
Mean/interacc.	0.057	0.093	0.612	0.584	-0.239	0.353
(1) % Panela (L)	0.027	0.028	0.959	0.408	-0.063	0.118
% Panela (Q)	-0.002	0.002	-0.969	0.404	-0.010	0.005
(2) d_ferment. (L)	-0.016	0.021	-0.770	0.498	-0.083	0.051
d_ferment (Q)	0.002	0.002	1.030	0.379	-0.005	0.010
1L by 2L	0.000417	0.002	0.257	0.814	-0.005	0.006

4.3.4. Modelo matemático proximal obtenido para el contenido alcohólico, $R^2 = 0.69202$

$$\text{Acidez} = 0.057 + 0.027 (P) - 0.002 (P^2) - 0.016 (d) + 0.002 (d^2) + 0.000417 (P) (2d)$$

Tabla 17: Análisis de Varianza contenido alcohólico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
% Panela	2	0.005404	0.002702	44.86	0.000
días_f (d)	2	0.047065	0.023532	390.76	0.000
% Panela*días_f (d)	4	0.003218	0.000804	13.36	0.000
Error	18	0.001084	0.000060		
Total	26	0.056770			

4.4. Análisis de los datos obtenidos para el efecto del contenido alcohólico

4.4.1. Análisis de varianza o prueba de efectos principales del contenido alcohólico

Como en ambos casos anteriores se cumplen los supuestos, ahora corresponde analizar si los promedios difieren entre ellas, los niveles de cada factor y los tratamientos correspondientes a las interacciones.

Corresponde responder las siguientes cuestiones:

¿Existen diferencias en la concentración de alcohol promedio en función a la combinación de los niveles de concentración de panela y tiempo de fermentación?

¿Afecta de forma distinta en la concentración de alcohol cuando se usa algún porcentaje de panela? ¿Afecta de forma distinta en la concentración de alcohol hallas cuando se fermenta por un determinado periodo de días?

Tabla 18: Análisis de Varianza para el contenido alcohólico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
% Panela	2	0.005404	0.002702	44.86	0.000
días_f (d)	2	0.047065	0.023532	390.76	0.000
% Panela*días_f (d)	4	0.003218	0.000804	13.36	0.000
Error	18	0.001084	0.000060		
Total	26	0.056770			

p -valor = 0.000 < 0.05 (α)

- ✓ Combinación de los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación
 H0: no hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la concentración de alcohol.
 H1: existe interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la concentración de alcohol.
 Nivel de significación: $\alpha = 0.05$
 Estadístico de prueba: F= 13.36

Decisión: *Se rechaza la hipótesis nula*

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que sí hay interacción entre los niveles de porcentaje de panela y tiempo de fermentación que influya en la concentración de alcohol.

- ✓ Nivel de porcentaje de panela.
 Hipótesis:
 H0: No hay efecto del porcentaje de panela en la concentración de alcohol.
 H1: Hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre la concentración de alcohol.
 Nivel de significación: $\alpha = 0.05$
 Estadístico de prueba: F = 44.86

Decisión : *Se rechaza la hipótesis nula.*

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que sí hay efecto de algún nivel de porcentaje de panela sobre la concentración de alcohol.

- ✓ Nivel de días de fermentación

Hipótesis:

H0: No hay efecto de los días de fermentación en la concentración de alcohol.

H1: Hay efecto de algún nivel de días de fermentación sobre la concentración de alcohol.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: $F = 390.76$

Decisión : *Se rechaza la hipótesis nula.*

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que sí hay efecto de algún nivel días de fermentación sobre la concentración de alcohol.

4.4.2. Comparaciones múltiples (TUKEY)

- Si afecta el porcentaje de panela en el grado alcohólico ¿Cuál es el nivel de concentración de panela más adecuado?

Hipótesis:

H0: $u_i = u_j$

H1: $u_i \neq u_j$, para todo $i \neq j$

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: % Panela

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 19: *Media de contenido alcohólico*

% Panela	N	Media	Agrupación
4	9	0.275778	A
6	9	0.274889	A
8	9	0.245333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

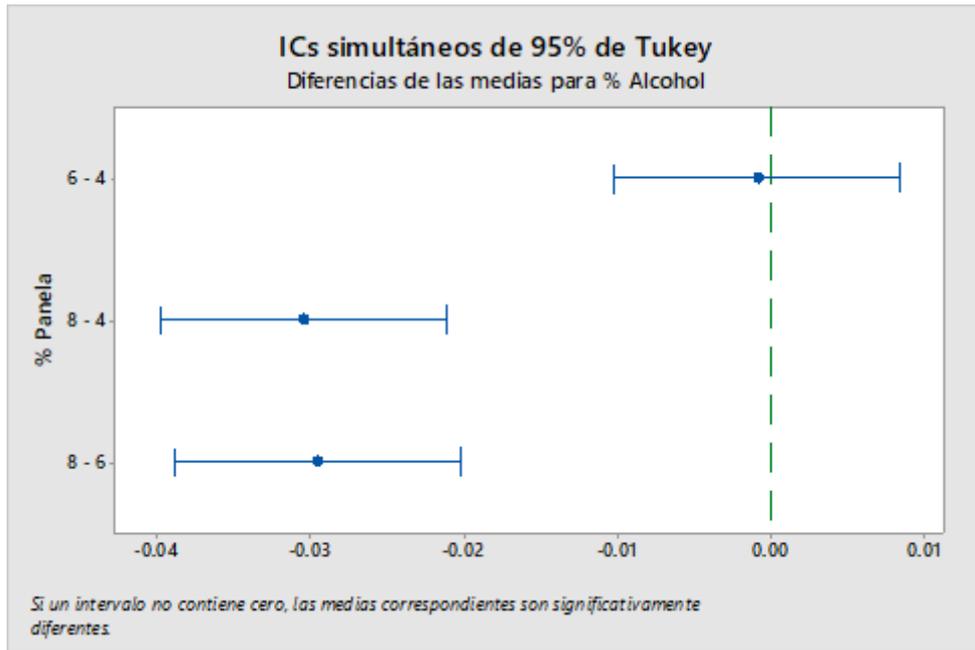


Figura 14: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de porcentaje de panela de mayor eficacia para la concentración de alcohol es 8%.

- Si afecta los días de fermentación en el grado alcohólico. ¿Cuál es el nivel de días de fermentación más adecuado?

Hipótesis:

H0: $\mu_i = \mu_j$

H1 : $\mu_i \neq \mu_j$, para todo $i \neq j$

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: días_f (d)

Tabla 20: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Días_f (d)	N	Media	Agrupación
4	9	0.306222	A
6	9	0.281778	B
2	9	0.208000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

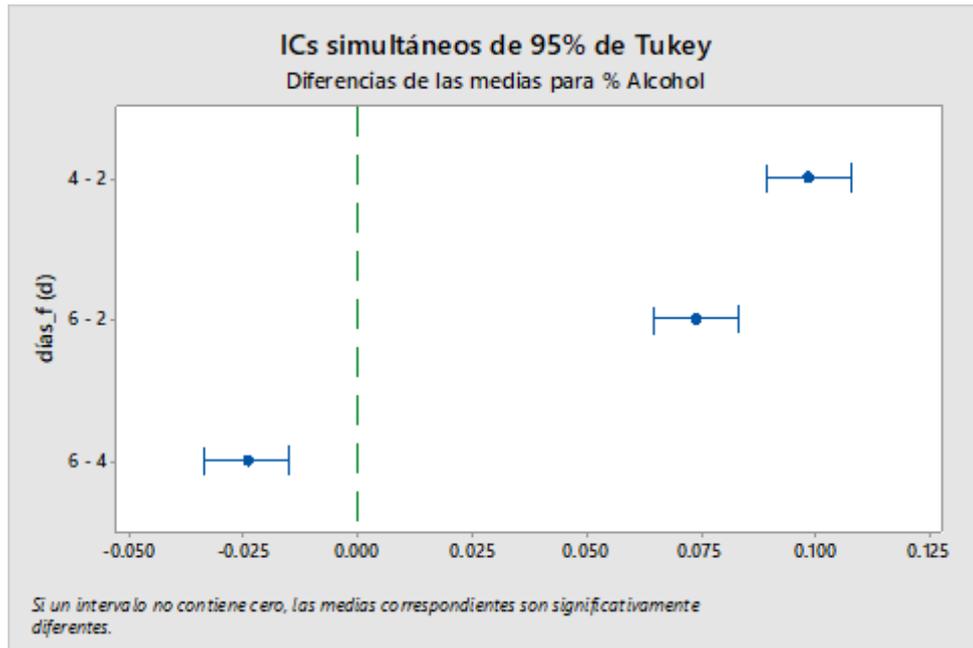


Figura 15: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles de días de fermentación de mayor eficacia para la concentración de alcohol es 4%.

- Si afecta el porcentaje de panela y los días de fermentación en el grado alcohólico ¿Cuál es el nivel de concentración de panela y días de fermentación más adecuada?

Hipótesis:

H0: $u_i = u_j$

H1: $u_i \neq u_j$, para todo $i \neq j$

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

- ✓ Comparaciones por parejas de Tukey: % Panela*días_f (d)

Tabla 21: Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

% Panela*días_f (d)	N	Media	Agrupación
6 4	3	0.331333	A
4 4	3	0.299000	B
4 6	3	0.295000	B
8 4	3	0.288333	B C
6 6	3	0.281000	B C
8 6	3	0.269333	C
4 2	3	0.233333	D
6 2	3	0.212333	D
8 2	3	0.178333	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

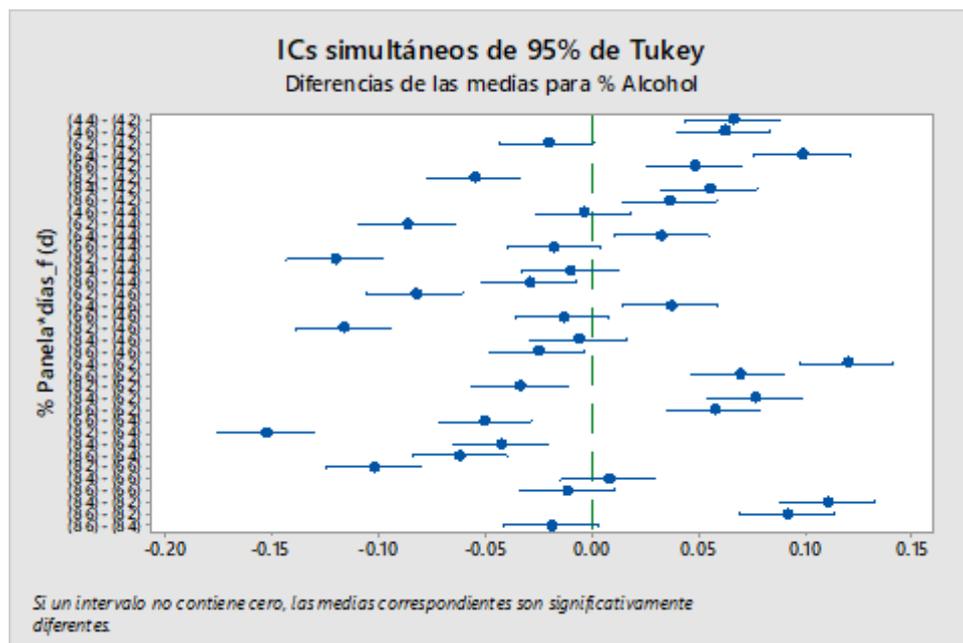


Figura 16: ICs simultáneos de 95% de Tukey

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que los niveles concentración de panela al 8% y 4 días de fermentación son de mayor eficacia para la concentración de alcohol.

4.4.3. Análisis de superficie de respuesta.

Tabla 22: Medición del contenido alcohólico (mg/L) en la bebida con tísticos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación

Porcentaje %	Días (d)	Grado alcohólico
4.0	2	0.2
4.0	4	0.3
4.0	6	0.3
6.0	2	0.2
6.0	4	0.3
6.0	6	0.3
8.0	2	0.2
8.0	4	0.3
8.0	6	0.3

Utilizando el paquete estadístico Statistica 10 y con los datos de la tabla 28 que se muestra a continuación se obtuvo los valores del R^2 y suma de cuadrados del error que permitieron elegir el modelo adecuado para predecir la concentración alcohólica (mg/L) en la bebida con tísticos y zumo de mango ciruelo después de diferentes tratamientos de porcentaje de panela y días de fermentación.

Donde se obtuvo que el mejor modelo que correlaciona los datos experimentales de concentración alcohólica (mg/L) fue el modelo de primer orden: “Modelo lineal cuadrático de efectos principales. (2)”, ya que no existe mucha diferencia con modelos más complejos.

Tabla 23: Modelos de análisis del DCCR (Diseño rotacional central compuesto) para la concentración alcohólica en bebida fermentada con túbicos en zumo de mango ciruelo.

	Modelos de análisis del DCCR			
	1	2	3	4
R ²	0.57482	0.96224	0.58625	0.97366
Suma de cuadrados del error	0.023473	0.002085	0.022842	0.001454

Fuente: Statistica V10.0

Leyenda de modelos de análisis DCCR:

1. Lineal con solo efectos principales
2. Lineal cuadrático de efectos principales
3. Linear de efectos principales de segundo orden
4. Lineal cuadrático de efectos principales de segundo orden

Como se puede apreciar, el elevado valor del coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado (2) para predecir la concentración alcohólica en bebida fermentada con túbicos en zumo de mango ciruelo ($R^2=0.96224$) nos permite interpretar los resultados mediante gráficos de superficies de respuesta Figura 17 como de contorno Figura 18.

En la figura 17 predice que a un 5% de panela y entre 4.5 días de fermentación se logra obtener las concentraciones más altas de alcohol. Esto se puede apreciar más claramente en la figura 18.

En la figura 18. La región roja indica (> 0.32 mg/L) sugiere que la combinación de Porcentaje de panela y tiempo de fermentación van a generar la mayor concentración de alcohol, lo que nos facilita a encontrar el mejor modelo de selección para predecir la concentración de alcohol.

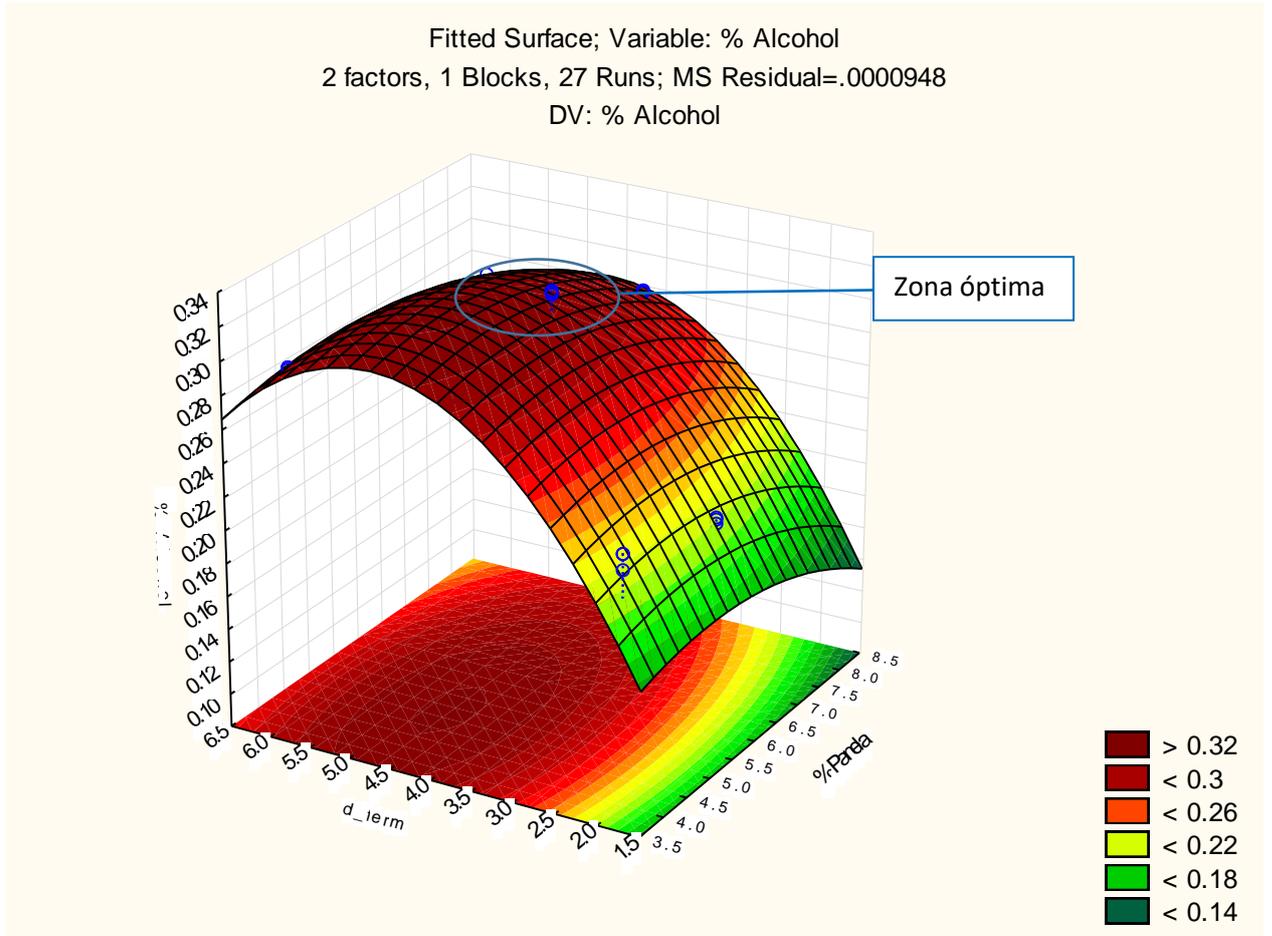


Figura 17: Superficie de respuesta para concentración de alcohol bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

El gráfico de contornos nos permite ver con más claridad las regiones óptimas, las cuales están indicadas de color rojo oscuro (> 0.32), la cual está generada por la interacción de concentración de panela y días de fermentación.

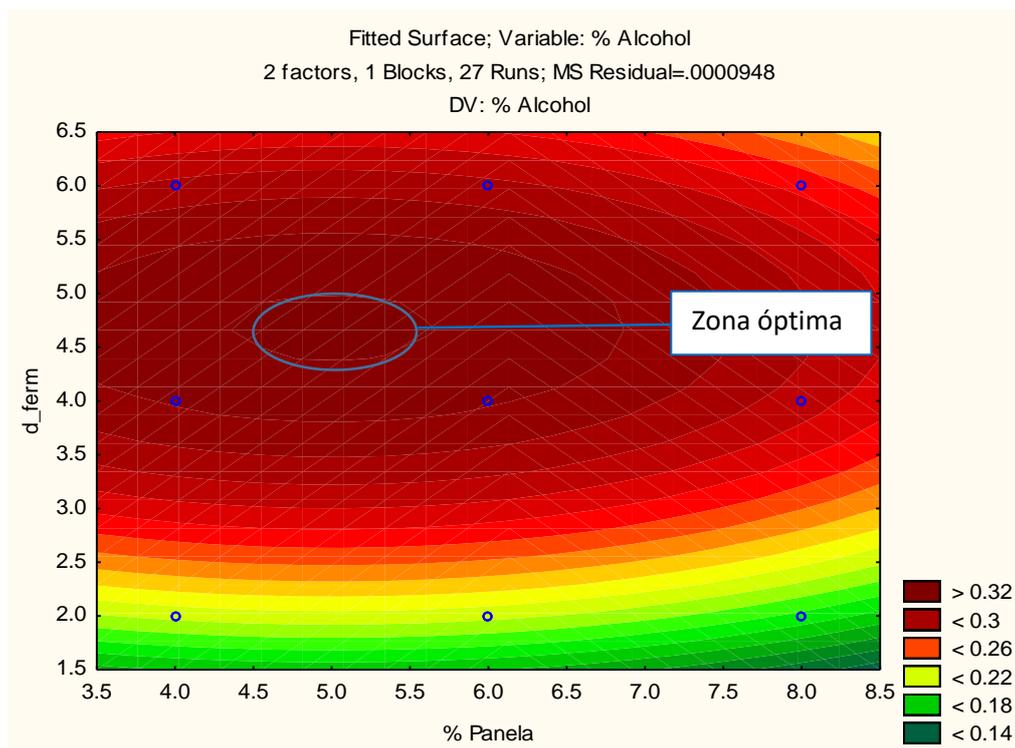


Figura 18: Gráfico de contorno para concentración de alcohol bajo tres porcentajes de panela (4, 6 y 8%) y tres tiempos de fermentación (2, 4 y 6 días)

En la figura 19, se muestra la linealidad de los valores experimentales con los predichos donde los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos por el modelo se encuentran en la línea de color rojo. Se puede apreciar claramente que los valores experimentales no están encuentran tan dispersos de los predichos.

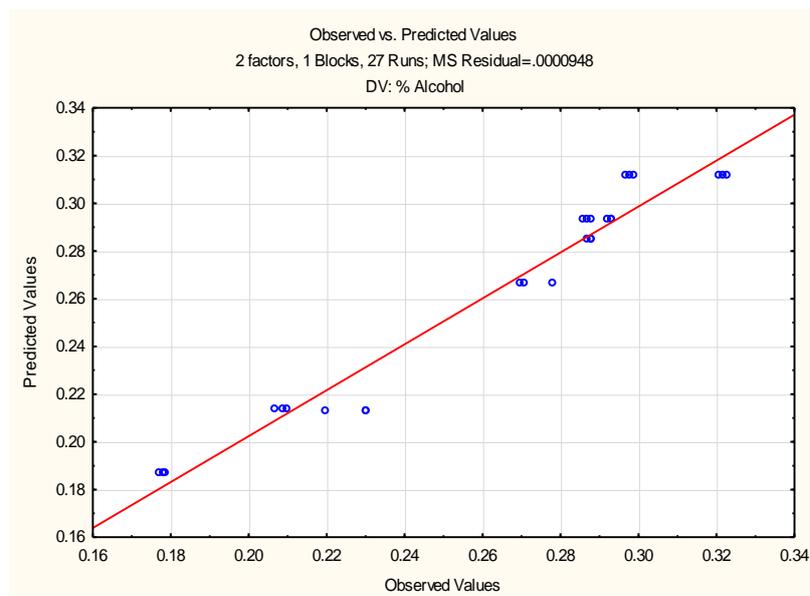


Figura 19: Grado de dispersión de los datos experimentales son los puntos de color azul y los valores predichos se encuentran en la línea de color rojo.

Realizando el análisis de varianza para la variable de contenido alcohólico y aplicando el modelo seleccionado de la tabla 29, se obtuvo que los efectos principales (% de panela y tiempo de fermentación) fueron significativos ($p < 0.05$).

Factor		ANOVA; Var.: % Alcohol; R-sqr= 0.96224; Adj:.95537 (Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 27 Runs; MS Residual=.0000948 DV: % Alcohol				
		SS	df	MS	F	p
(1)	% panela (L)	0.00309422222	1	0.00309422222	32.6517676	0.00000953
(2)	días ferment. (L)	0.0286402222	1	0.0286402222	302.225831	0.00000000
	Error	0.00208481481	22	0.0000947643098		
	Total SS	0.0552071852	26			

Para verificar si los factores porcentaje de panela y tiempo de fermentación son significativos, recurrimos a los diagramas de Pareto, en donde se aprecia claramente que pasan la línea roja con valor $p = 0.005$, tal como se muestra en la Figura 20.

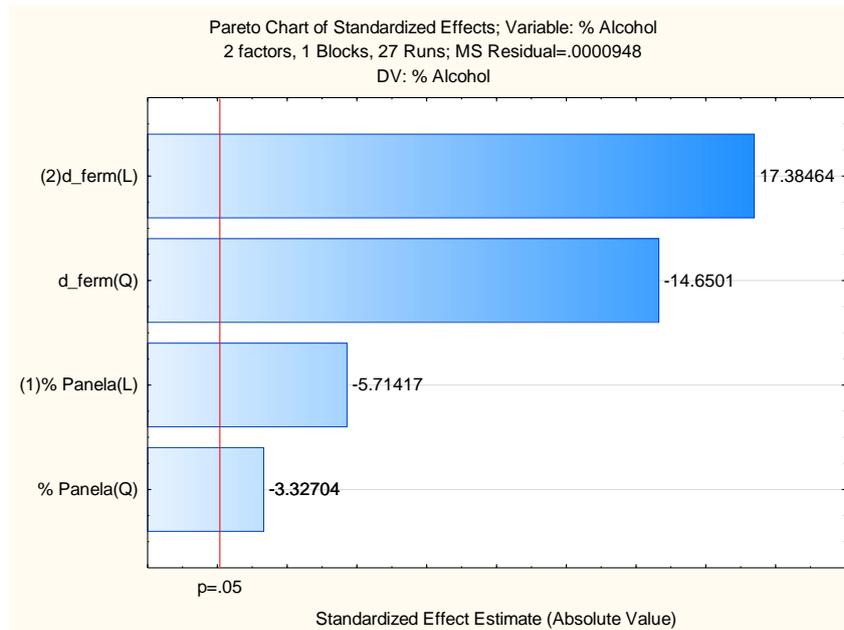


Figura 20: Gráfico de Pareto mostrando como los factores % de panela y días de fermentación pasan la línea de color rojo p.

El comportamiento a predecir respecto a la concentración de alcohol, se puede realizar mediante ecuaciones matemáticas para cualquier combinación de porcentaje de panela y días de fermentación se muestran en la tabla siguiente mediante los coeficientes de regresión para el contenido alcohólico según el modelo seleccionado (Modelo 2 de la tabla 23).

Tabla 24. Coeficiente de regresión para la variable dependiente Concentración de alcohol en la bebida fermentada de tópicos con zumo de mango ciruelo.

Regr. Coefficients; Var.:% Alcohol; R-sqr=.96224; Adj:.95537
(Spreadsheet1_(Recovered))
2 factors, 1 Blocks, 27 Runs; MS Residual=.0000948
DV: % Alcohol

Factor	Coef. Regresión	Error estándar	t (22)	p	-95%	+95%
Mean/interacc.	-0.081	0.037	-2.208	0.038	-0.157	-0.005
(1) % Panela (L)	0.033	0.012	2.764	0.011	0.008	0.058
% Panela (Q)	-0.003	0.001	-3.327	0.003	-0.005	-0.001
(2) d_ferment. (L)	0.136	0.008	16.983	0.000	0.120	0.153
d_ferment (Q)	-0.015	0.001	-14.650	0.000	-0.017	-0.012

4.4.4. Modelo matemático proximal obtenido para el contenido alcohólico, $R^2 = 0.96224$

$$\% \text{ Alcohol (mg/L)} = - 0.081 + 0.003(P) - 0.003 (P^2) + 0.136 (d) - 0.015 (d^2)$$

4.5. Resultados de Análisis sensorial

a) Evaluación del color

La tabla 25 muestra los resultados del grado de satisfacción de los panelistas con respecto al color

Tabla 25: Análisis de varianza del grado de satisfacción con respecto al color

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	42.3	29	1.45862069	3.4624829	7.13099E-08	1.51651053
Columnas	6.266666667	8	0.783333333	1.8594816	0.067335904	1.97845668
Error	97.733333333	232	0.42126437			
Total	146.3	269				

HDS	0.392233542
MULT	3.31
MSE	0.421264368
N	30

Diferencias totales	Símbolo	HDS	Valor crítico de F
J1 - J2	0.133 <	0.362	No significativo, se acepta la Ho
J1 - J3	0.233 <	0.362	No significativo, se acepta la Ho
J2 - J3	0.1 <	0.362	No significativo, se acepta la Ho

En relación al color, no existe diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% y un grado de confiabilidad del 95 %.

b) Evaluación del olor

La tabla 30 muestra los resultados del grado de satisfacción de los panelistas con respecto al olor.

Tabla 26: Análisis de varianza con respecto Olor:

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	42.3	29	1.45862	3.4625	0.00	1.516510525
Columnas	6.2666667	8	0.78333	1.8595	0.07	1.978456682
Error	97.733333	232	0.42126			
Total	146.3	269				

HDS	0.392233542
MULT	3.31
MSE	0.421264368
N	30

Diferencias totales	Símbolo	HDS	Valor crítico de F
J1 - J2	0.133	<	0.362
J1 - J3	0.233	<	0.362
J2 - J3	0.1	<	0.362

Siendo las más preferidas las tres presentaciones en relación al olor, sin diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% y un grado de confiabilidad del 95 %.

c) Evaluación del sabor

La tabla 31 se muestra los resultados del grado de satisfacción de los panelistas con respecto al sabor.

Tabla 27: Análisis de Varianza de sabor

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	40.3740741	29	1.39220945	3.267196164	0.00	1.516510525
Columnas	100.02963	8	12.5037037	29.34332384	0.00	1.978456682
Error	98.8592593	232	0.4261175			
Total	239.262963	269				

Analizando con Tukey DSA tenemos

HDS	=	0.394
MULT	=	3.31
MSE	=	0.426117497
N	=	30

Tabla 28: Análisis múltiple comparativo con respecto al sabor según los 2 ,4 y 6 días de fermentación

Diferencias totales	Símbolo	HDS	Valor crítico de F
J1 - J2	0.289	<	0.394 No significativo, se acepta la Ho
J1 - J3	0.944	>	0.394 Significativo, se rechaza la Ho
J2 - J3	1.233	>	0.394 Significativo, se rechaza la Ho

La preferencia de los jueces es la segunda y tercera opción que son 4 y 6 días de fermentación, con diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%.

4.6. Bacterias Acido Lácticas

Mediante el procedimiento de determinación de bacterias ácido lácticas, se logró determinar que la bebida contiene bacterias ácido lácticas; por lo tanto se puede decir que el producto obtenido es una bebida probiótica. Ver Anexo 10.

4.7. Características fisicoquímicas del producto final

Tabla 29: Resultado de la optimización

Tratamiento Optimo	Datos del producto final	
6% de panela a 4 días de fermentación	°Brix	5.0
	pH	3.30
	Acidez	0.12
	Contenido Alcohólico	0.28 mg/l.

V. DISCUSIONES.

De los resultados podemos afirmar que la concentración óptima de panela en la bebida probiótica obtenida con *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) usando cultivos de túbicos, es de 6 % con 10 % de túbicos a temperatura ambiente, estos resultados son similares con lo reportado por Colque (2016) que indica que los parámetros para la elaboración de bebida probiótica está compuesto por 6% concentración de sacarosa, con 4% concentración de inculo, a temperatura de 37°.

El tiempo óptimo de fermentación para la obtención de una bebida probiótica saborizada con *Spondias dulcis parkinson* (mango ciruelo) usando cultivos de túbicos es de 96 horas a temperatura ambiente, resultados distintos a los obtenidos por Espinoza & Pincay (2012) que obtuvieron una bebida probiótica solo con túbicos sin emplear zumo de frutas, determinaron que el menor tiempo es de 31.5 horas.

Para el tratamiento con 6% de panela y 4 días de fermentación sus características fisicoquímicas son: acidez de 0.12 % expresado como ácido láctico, °Brix de 5.0, pH de 3.30 y contenido alcohólico 0.28 mg/L; estos resultados son distintos a los reportados por Colque (2016) cuyas características fisicoquímicas de la bebida probiótica de tarwi, fueron pH 5.40, acidez 0.26 %, contenido alcohólico 0.98 mg/L. Esta diferencia puede deberse a la composición de la materia prima empleada en la elaboración de las bebidas probióticas

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La concentración óptima de la panela es del 6%.
- El tiempo óptimo para la elaboración de una bebida probiótica es de 96 horas (4 días).
- La bebida probiótica obtenida con las mejores características sensoriales fue la de 4 días de fermentación con el 6% de panela y con puntaje promedio de color de 3.97, olor: 3.6; sabor: 3.9.
- Las características fisicoquímicas del producto final fueron: acidez 0.12 % de ácido láctico, °Brix de 5.0, pH de 3.30 y contenido alcohólico 0.28 mg/l.
- La bebida probiótica contiene bacterias ácido lácticas (BAL).

RECOMENDACIONES

- Aumentar o disminuir las concentraciones de los tíficos u otro microorganismo que tenga la misma función fermentativa, donde se mantenga la acidez y el grado alcohólico.
- Agregar un aditivo para que la bebida probiótica tenga mayor tiempo de vida útil.
- El producto final se debe envasar en plástico de alta densidad para evitar el ingreso de las radiaciones (solares o ultravioletas).
- Se debe de usar panela granulada para obtener un mejor rendimiento en la calidad del producto, lo que no sucede con la panela en bloques, porque esto incrementa el estado oxidativo (cambio de color).
- Para evitar la alteración de las propiedades físicas químicas del producto se consideró conservarlo (4°C).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Catalán G., J. E. (2013). Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentativa de los granos de túbicos utilizando como sustrato único el jugo del eje de la Inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*) para ser aprovechado como posible bebida probiótica. *Universidad San Carlos* , 220.
- Colque, E. (2016). Determinación de parámetros de bebida probiótica de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) empleando *saccharomyces boulardi*. . *Alicia*, 93.
- Espinoza, P., & Pincay, S. (2012). Elaboración de una bebida probiotica con cultivos de túbicos. *Scielo*.
- Huayapa, C. (2014). Elaboración de una bebida probiotica a partir de la fermentación láctica de almidón hidrolizado de harina de trigo (*Chenipodium quinoa*). *Universidad Nacional de la Molina*.
- MINITAB V18.00. (2017). Introducción a Minitab 18. 72.
- NTP 207.200. (2013). Panela granulada. Definiciones y requisitos. 15.
- NTP203.110. (2009). Jugos, nectares y bebidas de frutas. 29.
- RUMIFILO. (31 de diciembre de 2008). Recuperado el 22 de abril de 2019, de kefir de agua: <http://kefir-solidario.blogspot.com/>
- Vinagre, J. (2017). *Analisis de real academia nacional de Farmacia*. España: Universidad de Sevilla.

DEDICATORIA

A, DIOS, por bendecirme y guiarme a lo largo de mi vida, por ser el apoyo en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres quienes me dieron la vida y ser los pilares más importantes, por confiar y creer en mí , por los consejos, valores y principios que me han inculcado. A mi hija que es mi motivación y fortaleza para alcanzar mis metas.

JOHANA SHICELA

A mi familia, quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión y ayuda en muchas circunstancias de la vida. A mis hermanos por ser fuente de inspiración y motivación para poder lograr un futuro mejor. A cada uno de mis compañeros por compartir sus conocimientos y muchos de los buenos momentos.

ANNY ROSMERI

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y la oportunidad de lograr nuestra meta, quien supo guiarnos a lo largo de este camino, por darnos la fuerza para seguir adelante y no desmayar ante las dificultades que se presentaron.

A nuestros padres y cada uno de nuestros familiares; quienes nos impulsaron a seguir para que esta meta se concrete.

Gracias a nuestro asesor Ing. Hans Himbler Minchan Velayarce, por aceptar, y compartir sus conocimientos y consejos a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación.

Al Ing. Adán Ruiz; jefe de laboratorio de Taller de tecnología de Alimentos de la carrera profesional de ingeniería de industrias alimentarias, por su apoyo en la ejecución del presente proyecto de investigación.

ANEXOS

Anexo 1: Proceso de elaboración de la bebida



Selección del mango de mango ciruelo.



Lavado del mango ciruelo



Pelado del mango ciruelo



Troceado o picado del mango ciruelo



Extracción del zumo de mango ciruelo (licuado).



Adición de agua a la pulpa



Adición de la panela



Pasteurizado en botella.



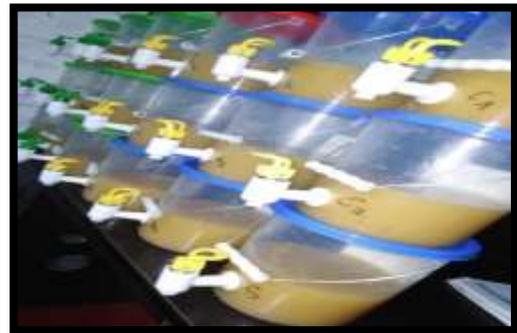
Acondicionamiento del zumo



Filtración del agua de los tibicos.



Adición de los tibicos



Fermentación.



Refrigerado



Envasado

Anexo 2: Medición de pH



Anexo 3: Medición de la acidez



Anexo 4: Determinación de °Brix



Anexo 5: Determinación de la concentración de alcohol (Método de dicromato)



Anexo 6: Degustación



Anexo 7: Humedad de la materia inicial.



Anexo 8: Panela granulada



Anexo 9: Determinación de alcohol utilizando el equipo de arrastre.



Anexo 10: Procedimiento para la determinación de bacterias ácido lácticas (BAL)



Preparación de medios



Autoclavado



Agar Rugosa



Dilución del medio



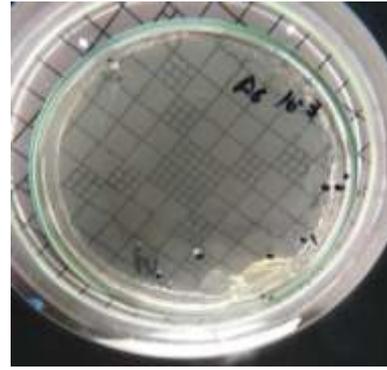
Muestra en placa



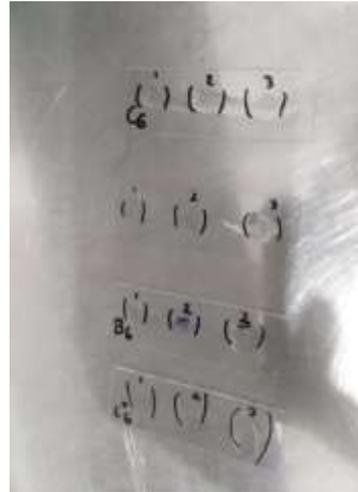
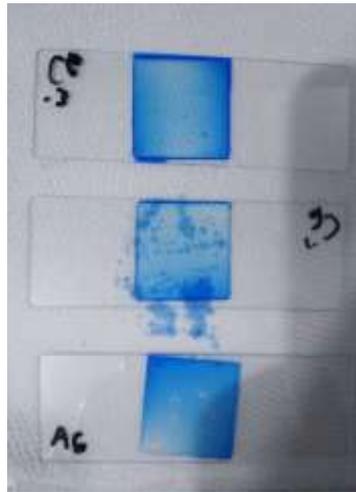
Agregando el agar



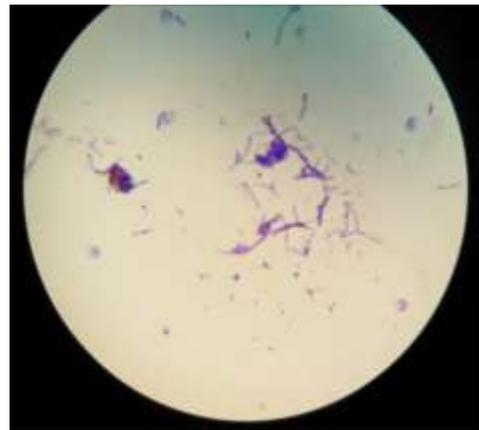
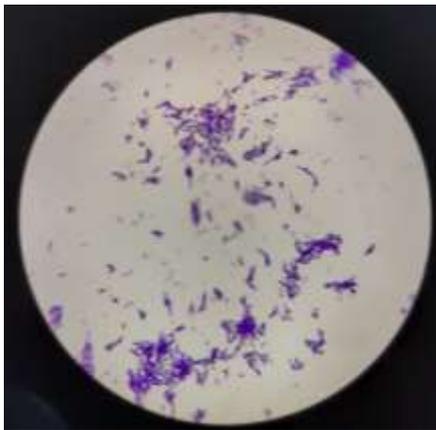
Incubación



Crecimiento de bacterias



Tinción de Gram



Presencia de bacilos

Anexo 11: Valoración de la escala hedónica.

PRUEBA DE ESCALA HEDÓNICA

NOMBRE: -----

FECHA: -----

PRUEBE Y EVALUÉ CADA MUESTRA, USANDO LA ESCALA HEDÓNICA, SEGÚN SU CRITERIO, PARA DESCRIBIR SU NIVEL DE AGRADO Y DESAGRADO PARA CADA ATRIBUTO.

CALIFICACIÓN:

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
Color, olor, sabor.	5	Me gusta mucho
	4	Me gusta
	3	No me gusta ni me disgusta
	2	Me disgusta
	1	Me disgusta mucho

ATRIBUTOS	Día 2		
	A	B	C
COLOR			
OLOR			
SABOR			

ATRIBUTOS	Día 4		
	A	B	C
COLOR			
OLOR			
SABOR			

ATRIBUTOS	Día 6		
	A	B	C
COLOR			
OLOR			
SABOR			

COMENTARIOS: -----

Fuente: Elaboración propia en base a Universidad Nacional de Piura, 2015.

Anexo 12: Tablas del rango estudentizado (q) de Tukey

6. Tablas del rango estudentizado (q) de Tukey

Grados de libertad Término del error		k = número de medias								
↓	p (α)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	.05	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
	.01	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	.05	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
	.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
	.01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
	.01	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	.05	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
	.01	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	.05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
	.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
	.01	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	.05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
	.01	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
	.01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	.05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
	.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
	.01	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	.05	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
	.01	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	.05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
	.01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	.05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
	.01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
	.01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
	.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	.05	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
	.01	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	.05	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
	.01	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	.05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
	.01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	.05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
	.01	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	.05	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
	.01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	.05	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.56
	.01	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	5.24

Anexo 13: Normalidad de los errores y homogeneidad de las varianzas con respecto a °Brix.

Se procedió a realizar las pruebas de hipótesis para este diseño de dos factores (variables independientes) mediante el uso de Minitab V18.00

% Panela: 4, 6 y 8

Días de fermentación: 2, 4 y 6

Variable respuesta o dependiente: °Brix

a) Análisis de los errores

Modelo lineal general: °Brix vs. Panela %; días f (d)

Tabla 30: Datos experimentales del °Brix

Porcentaje %	Días (d)	°Brix	6	4	5.0
4	2	4.8	6	4	5.0
4	2	4.8	6	6	4.8
4	2	4.4	6	6	4.4
4	4	3.6	6	6	4.8
4	4	3.8	8	2	8.4
4	4	4.0	8	2	7.6
4	6	3.4	8	2	9.0
4	6	3.0	8	4	6.8
4	6	3.0	8	4	6.6
6	2	5.6	8	4	7.2
6	2	6.0	8	6	6.6
6	2	5.4	8	6	6.4
6	4	5.0	8	6	5.4

Tabla 31: Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 32: Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Panela %	Fijo	3	4; 6; 8
días f (d)	Fijo	3	2; 4; 6

Tabla 33: Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Panela %	2	48.225	24.1126	167.79	0.000
días f (d)	2	11.470	5.7348	39.91	0.000
Panela %*días f (d)	4	1.161	0.2904	2.02	0.135
Error	18	2.587	0.1437		
Total	26	63.443			

Tabla 34: Resumen del modelo

S	R-cuadrado.	R-cuadrado (ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.379083	95.92%	94.11%	90.83%

b) Normalidad de los errores (residuos)

Hipótesis:

H0: Los errores tienen distribución normal.

H1: Los errores no tienen distribución normal.

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: AD (Anderson Darling) = 0.412

p- Valor = 0.317 y esta es mayor que α .

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: con una significancia del 5%, se concluye que los errores tienen distribución normal (se cumple el supuesto)

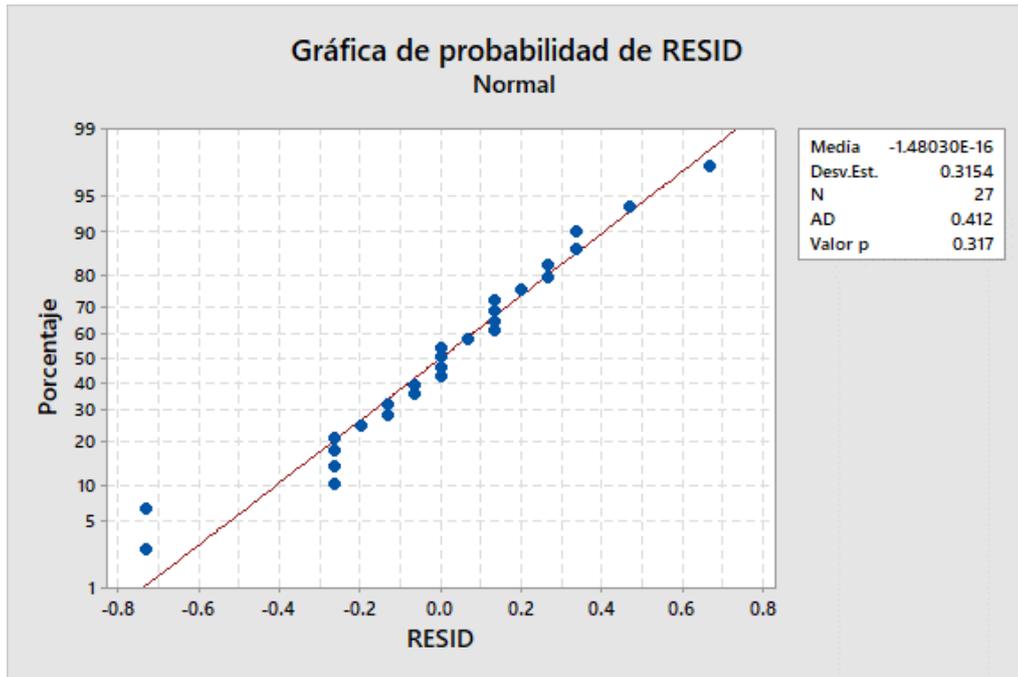


Figura 21: Gráfica de probabilidad de RESID

c) Homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

Ho: las varianzas son iguales (homogéneas)

H1: al menos una varianza es diferente.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Bartlett = 6.35

P-valor: 0.500

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Panela %; días f (d)

Tabla 35: Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Tabla 36: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Panela %	Días f (d)	N	Desv.Est.	IC
4	2	3	0.230940	(0.096156; 4.1280)
4	4	3	0.200000	(0.083273; 3.5749)
4	6	3	0.230940	(0.096156; 4.1280)
6	2	3	0.305505	(0.127202; 5.4608)
6	4	3	0.000000	(*; *)
6	6	3	0.230940	(0.096156; 4.1280)
8	2	3	0.702377	(0.292446; 12.5547)
8	4	3	0.305505	(0.127202; 5.4608)
8	6	3	0.642910	(0.267686; 11.4917)

Nivel de confianza individual = 99.375%

Tabla 37: Pruebas

Estadística		
Método de prueba		Valor p
Bartlett	6.35	0.500

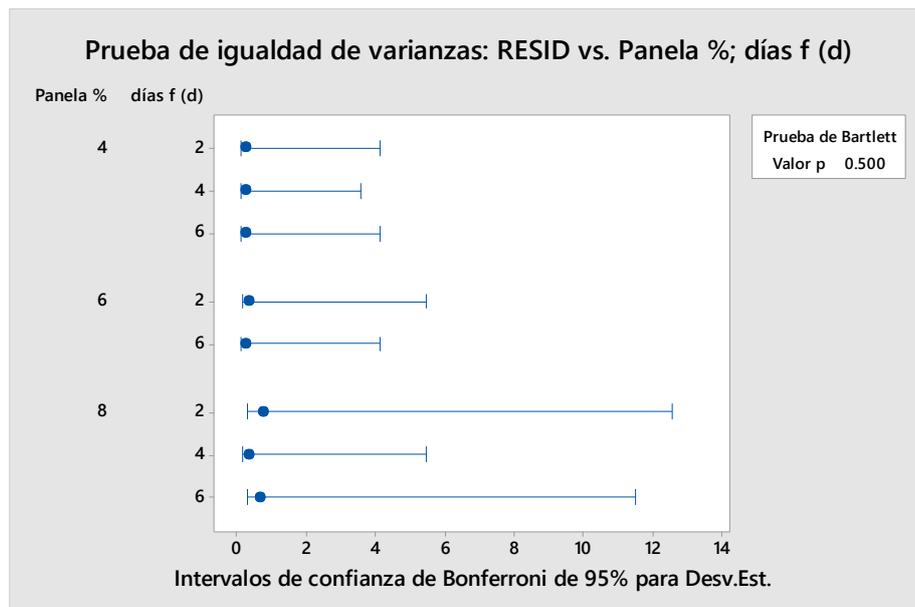


Figura 22: Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Panela %; días f (d)

Decisión: no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: con una significancia del 5%, se concluye que las varianzas son homogéneas (se cumple el supuesto)

ANEXO 14: Normalidad de los errores y Homogeneidad de las varianzas con respecto al Ph

a) Influencia de los factores en el pH

Se procedió a realizar las pruebas de hipótesis para este diseño de dos factores (variables independientes) mediante el uso de Minitab V18.00

% Panela : 4, 6 y 8

Días de fermentación: 2, 4 y 6

Variable respuesta o dependiente: pH

Tabla 38: Datos experimentales del pH

Porcentaje %	Días (d)	pH
4	2	3.328
4	2	3.329
4	2	3.253
4	4	3.287
4	4	3.285
4	4	3.288
4	6	3.262
4	6	3.261
4	6	3.329
6	2	3.397
6	2	3.362
6	2	3.367
6	4	3.310
6	4	3.313

Porcentaje %	Días (d)	pH
6	4	3.306
6	6	3.286
6	6	3.284
6	6	3.287
8	2	3.426
8	2	3.406
8	2	3.432
8	4	3.326
8	4	3.344
8	4	3.342
8	6	3.322
8	6	3.308
8	6	3.205

a) Análisis de los errores

Modelo lineal general: pH vs. % Panela; días f (d)

Tabla 39: Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 40: Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
% Panela	Fijo	3	4; 6; 8
días_f (d)	Fijo	3	2; 4; 6

b) Normalidad de los errores (residuos)

Hipótesis:

H0: Los errores tienen distribución normal.

H1: Los errores no tienen distribución normal.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: AD (Anderson Darlin) = 0.810

p- Valor = 0.031 y esta es menor que alfa.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: con una significancia del 5%, se concluye que los errores no tienen distribución normal (no se cumple el supuesto)

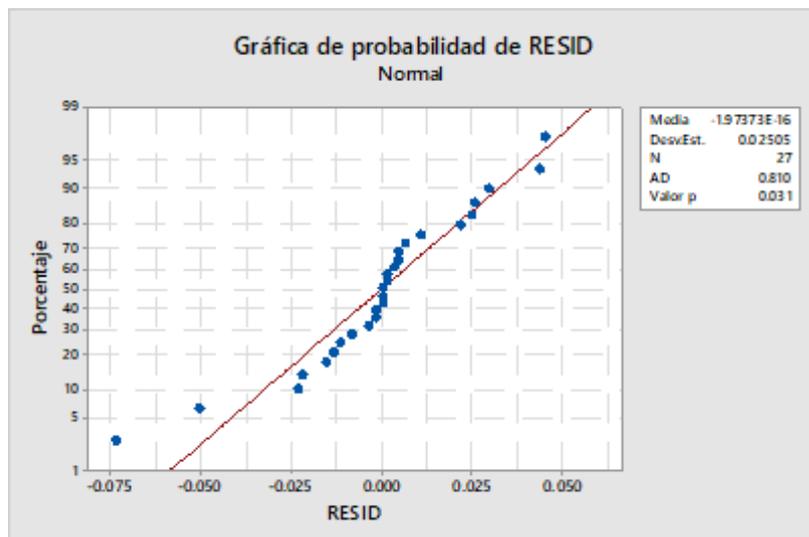


Figura 23: Gráfica de probabilidad de RESID

c) Homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

Ho: las varianzas son iguales (homogéneas)

H1: al menos una varianza es diferente.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Bartlett = 30.73

P-valor: 0.000

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d)

Método

Hipótesis nula: Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna: Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Tabla 41: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

% Panela	días_f (d)	N	Desv. Est.	IC
4	2	3	0.0435928	(0.0179680; 0.82654)
4	4	3	0.0015275	(0.0006296; 0.02896)
4	6	3	0.0389744	(0.0160644; 0.73897)
6	2	3	0.0189297	(0.0078024; 0.35892)
6	4	3	0.0035119	(0.0014475; 0.06659)
6	6	3	0.0015275	(0.0006296; 0.02896)
8	2	3	0.0136137	(0.0056113; 0.25812)
8	4	3	0.0098658	(0.0040665; 0.18706)
8	6	3	0.0638931	(0.0263354; 1.21144)

Nivel de confianza individual = 99.4444%

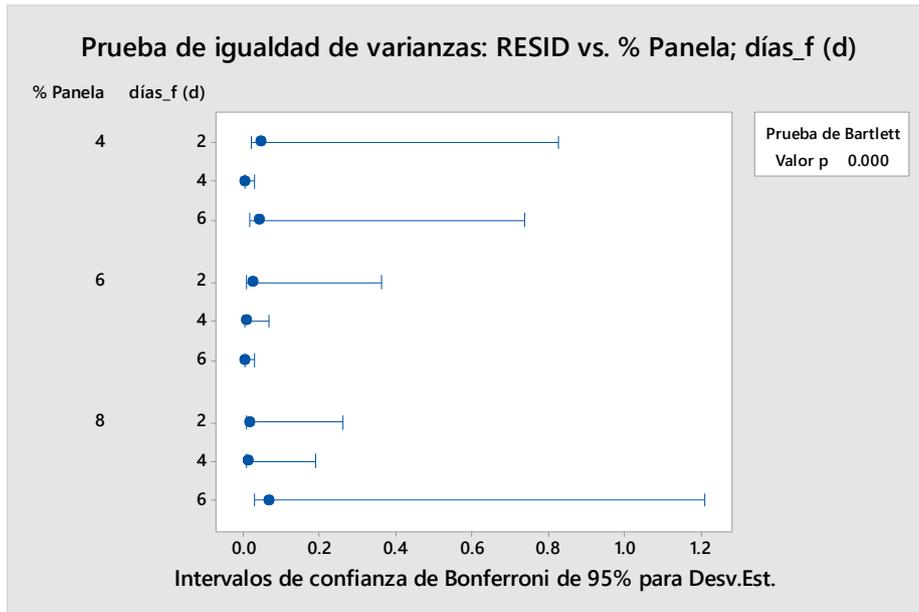


Figura 24: Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d)

Decisión: Sí se rechaza la hipótesis nula.

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que las varianzas no son homogéneas (no se cumple el supuesto).

Los datos no tienen comportamiento normal

ANEXO 15: Normalidad de los errores y homogeneidad de las varianzas con respecto a la acidez.

Influencia de los factores en la acidez

Se procedió a realizar las pruebas de hipótesis para este diseño de dos factores (variables independientes) mediante el uso de Minitab V18.00

% Panela: 4, 6 y 8

Días de fermentación: 2, 4 y 6

Variable respuesta o dependiente: Acidez

Tabla 42: Datos experimentales de la acidez

Porcentaje %	Días (d)	Acidez
4	2	0.11
4	2	0.10
4	2	0.12
4	4	0.10
4	4	0.10
4	4	0.11
4	6	0.14
4	6	0.13
4	6	0.14
6	2	0.14
6	2	0.13
6	2	0.13
6	4	0.12
6	4	0.12

Porcentaje %	Días (d)	Acidez
6	4	0.12
6	6	0.14
6	6	0.14
6	6	0.13
8	2	0.12
8	2	0.10
8	2	0.10
8	4	0.13
8	4	0.13
8	4	0.13
8	4	0.13
8	6	0.13
8	6	0.14
8	6	0.15

a) Análisis de los errores

Modelo lineal general: acidez vs. % Panela; días_f (d)

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 43: Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
% Panela	Fijo	3	4; 6; 8
días_f (d)	Fijo	3	2; 4; 6

b) Normalidad de los errores (residuos)

Hipótesis:

H0: Los errores tienen distribución normal.

H1: Los errores no tienen distribución normal.

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: AD (Anderson Darlin) = 0.572

p - Valor = 0.124 y esta es mayor que α .

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: con una significancia del 5%, se concluye que los errores tienen distribución normal (se cumple el supuesto).

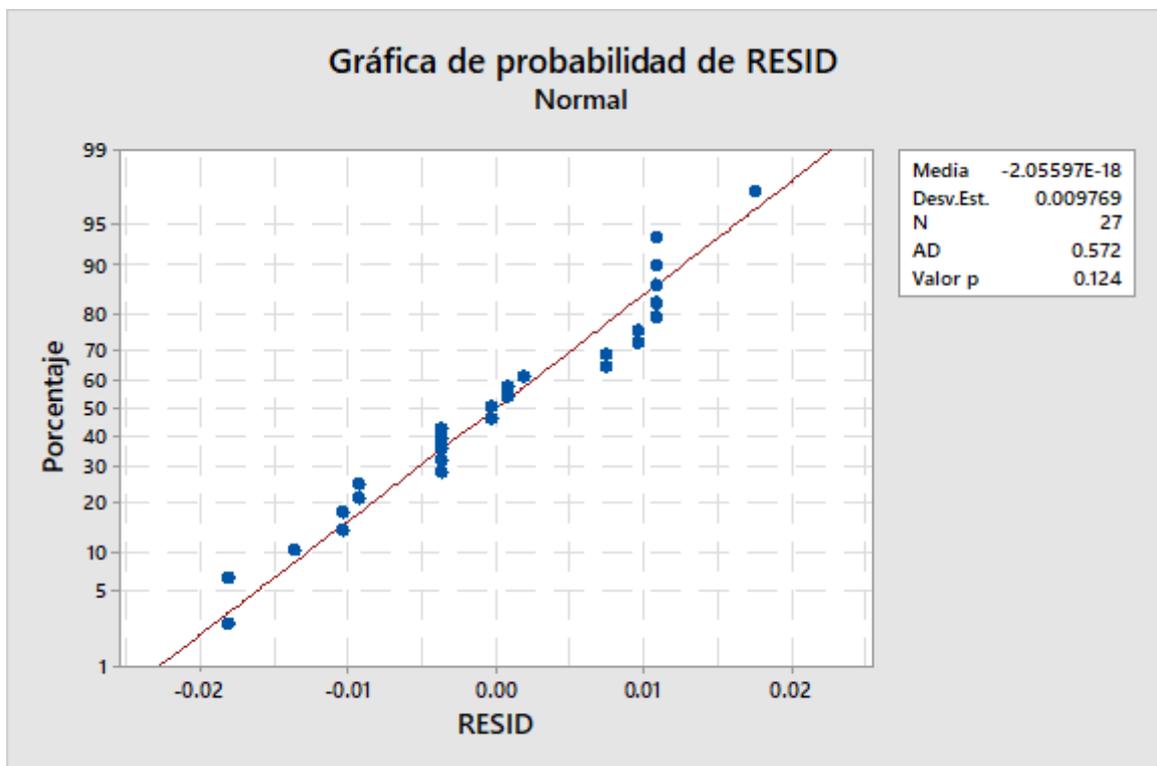


Figura 25: Gráfica de probabilidad de RESID

c) Homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

Ho: las varianzas son iguales (homogéneas)

H1: al menos una varianza es diferente.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Bartlett = 2.13

P-valor: 0.907

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d)

Método

Hipótesis nula: Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna: Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Tabla 44: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

% Panela	días_f (d)	N	Desv.Est.	IC
4	2	3	0.0100000	(0.0042127; 0.167182)
4	4	3	0.0057735	(0.0024322; 0.096523)
4	6	3	0.0057735	(0.0024322; 0.096523)
6	2	3	0.0057735	(0.0024322; 0.096523)
6	4	3	0.0000000	(*; *)
6	6	3	0.0057735	(0.0024322; 0.096523)
8	2	3	0.0115470	(0.0048644; 0.193046)
8	4	3	0.0000000	(*; *)
8	6	3	0.0100000	(0.0042127; 0.167182)

Nivel de confianza individual = 99.2857%

Pruebas		
Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	2.13	0.907

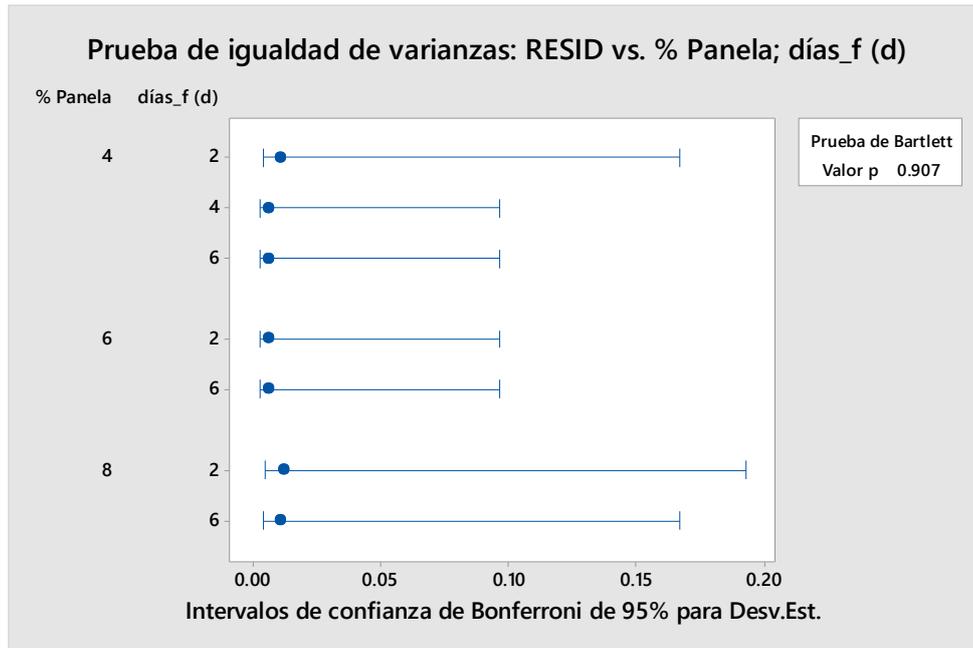


Figura 13: Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d)

Decisión: no se rechaza la hipótesis nula.

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que las varianzas son homogéneas (se cumple el supuesto)

ANEXO 16: Normalidad de los errores y homogeneidad de las varianzas con respecto al contenido alcohólico.

Influencia de los factores en el porcentaje de alcohol

Se procedió a realizar las pruebas de hipótesis para este diseño de dos factores (variables independientes) mediante el uso de Minitab V18.00

% Panela: 4, 6 y 8

Días de fermentación: 2, 4 y 6

Variable respuesta o dependiente: % alcohol

Tabla 45: Datos experimentales del contenido alcohólico

Porcentaje %	Días (d)	% alcohol
4	2	0.230
4	2	0.240
4	2	0.230
4	4	0.299
4	4	0.297
4	4	0.301
4	6	0.300
4	6	0.292
4	6	0.293
6	2	0.207
6	2	0.210
6	2	0.220
6	4	0.350
6	4	0.321

Porcentaje %	Días (d)	% alcohol
6	4	0.323
6	6	0.270
6	6	0.287
6	6	0.286
8	2	0.178
8	2	0.177
8	2	0.180
8	4	0.288
8	4	0.287
8	4	0.290
8	6	0.270
8	6	0.278
8	6	0.260

a) Análisis de los errores

Modelo lineal general: % Alcohol vs. % Panela; días_f (d)

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
% Panela	Fijo	3	4; 6; 8
días_f (d)	Fijo	3	2; 4; 6

b) Normalidad de los errores (residuos)

Hipótesis:

H0: Los errores tienen distribución normal.

H1: Los errores no tienen distribución normal.

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: AD (Anderson Darlin) = 0.400

p-Valor = 0.339 y esta es mayor que α (0.05).

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: con una significancia del 5%, se concluye que los errores tienen distribución normal (se cumple el supuesto)

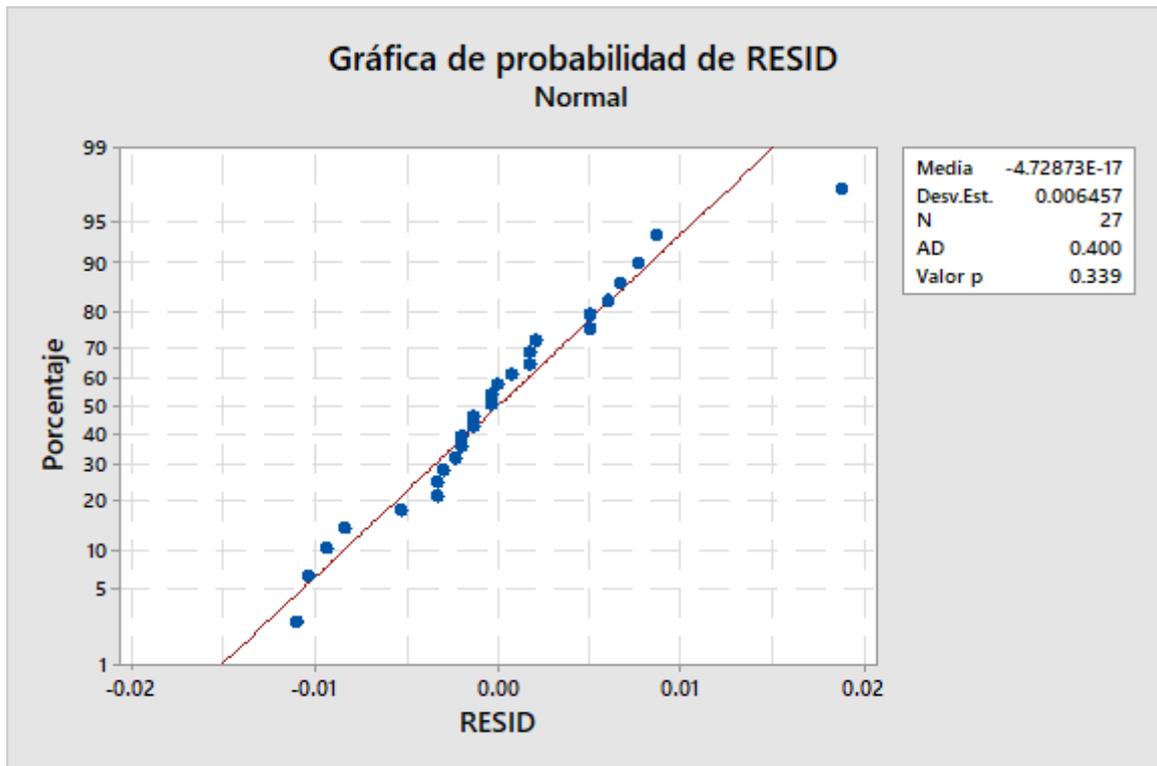


Figura 26: Gráfica de probabilidad de RESID

c) Homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

Ho: las varianzas son iguales (homogéneas)

H1: al menos una varianza es diferente.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Bartlett = 15.25

P-valor: 0.055

✓ Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. % Panela; días_f (d)

Método

Hipótesis nula: Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna: Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Tabla 46: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

% Panela	días_f (d)	N	Desv. Est.	IC
4	2	3	0.0057735	(0.0023797; 0.109468)
4	4	3	0.0020000	(0.0008244; 0.037921)
4	6	3	0.0043589	(0.0017966; 0.082647)
6	2	3	0.0068069	(0.0028056; 0.129061)
6	4	3	0.0161967	(0.0066759; 0.307097)
6	6	3	0.0095394	(0.0039319; 0.180871)
8	2	3	0.0015275	(0.0006296; 0.028963)
8	4	3	0.0015275	(0.0006296; 0.028963)
8	6	3	0.0090185	(0.0037172; 0.170995)

Nivel de confianza individual = 99.4444%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	15.25	0.055

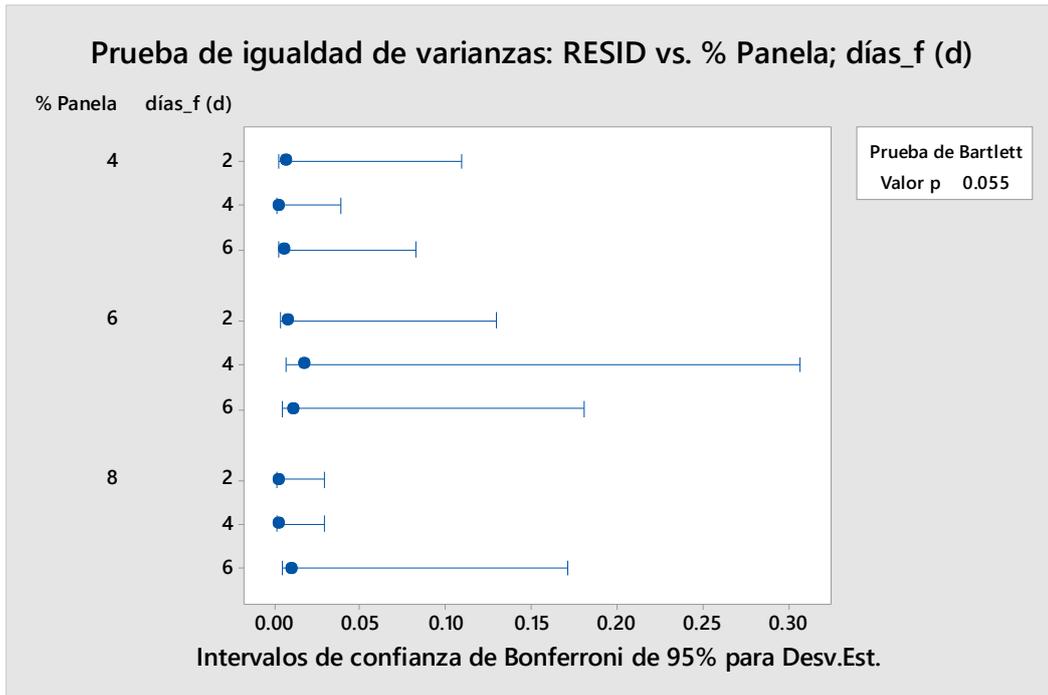


Figura 27: prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Panela; días_f (d)

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula.

Con una significancia del 5%, se puede afirmar que las varianzas son homogéneas (se cumple el supuesto).