

Instituto Tecnológico Superior de Abasolo

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Guanajuato.



Caracterización sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado.

Tesis profesional para obtener el título de:
Ingeniero En Industrias Alimentarias

Presenta:
Sandoval Vázquez María Guadalupe.

Asesor:
Dr. Francisco Javier Espitia Orozco.

ABASOLO, GTO.

11/Agosto/2023



Autorización de presentación de trabajo de titulación

Se autoriza a la estudiante **María Guadalupe Sandoval Vázquez** inscrita en la carrera de Ingeniería “Industrias Alimentarias” del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, con número de control **AS18110156**, a defender su proyecto de trabajo de titulación “**Caracterización sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado**” ante el comité sinodal asignado.

La presente se expide en Abasolo Guanajuato el día 11 del Mes de Agosto.

Dr. Francisco Javier Espitia Orozco
Presidente del sínodo

M.C Anabel Flores Lee
Secretario del sínodo

Dr. Iván Noé Ramos Del Villar
Vocal del sínodo

Dedicatorias

Principalmente quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas necesarias de seguir día a día con la realización de este proyecto, el conocimiento adquirido y permitirme llegar hasta aquí, porque con su ayuda todo es posible. Por dejarme cumplir una meta más en mi vida y poder prepararme profesionalmente.

Además, quiero agradecer a mis padres Blanca Aida Vázquez Carrillo y Agustín Sandoval Meza que son mis pilares más importantes, por siempre apoyarme y no dejarme vencer a pesar de las adversidades que se presenten en mi vida. A mis abuelitos por motivarme, a mis tíos y a mis hermanas que siempre me han apoyado con sus palabras de aliento y darme ese pequeño empujón para no desistir por más difícil que se ponga la situación.

También agradezco el apoyo de mi novio por las palabras que me ha brindado y su apoyo incondicional.

Al igual agradezco a mis amigos por motivarme y recordarme de lo que soy capaz de lograr, a mi amiga Estefany Delgado; por estar siempre apoyándome, darme palabras de aliento para seguir cuando creía ya no poder, quedarse desde el inicio de mi trayectoria, hasta el final de mi carrera.

Por último, me quiero agradecer a mí misma porque a pesar de que las cosas no salieron como estuvieron previstas nunca me rendí, perseveré hasta alcanzar el objetivo que me planteé de terminar mi carrera profesional.

Agradecimientos

Agradezco totalmente a mis maestros por sus enseñanzas y conocimientos impartidos en el transcurso de mi estancia como estudiante. A mi asesor de tesis el Dr. Francisco Javier Espitia Orozco por su compromiso, paciencia, el apoyo brindado durante todo este transcurso y terminación de dicho proyecto.

Formando a una estudiante humana, recordándome que es posible lograr todo lo propuesto cuando trabajamos en nuestros proyectos y le metemos compromiso y empeño para ser esto posible.

Al Dr. Iván Ramos por su apoyo brindado durante la realización de este proyecto, igual a la maestra Anabel Flores, también a la coordinadora de la carrera Ruth García Robles, por su compromiso e impulso que tuvo hacía mi persona para culminar satisfactoriamente con este proyecto.

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior De Abasolo por ser la institución de formación y aplicación de todo el conocimiento adquirido, donde hice grandes amigos y tuve muchas experiencias significativas para mí, por tener maestros con el mayor de los conocimientos que nos adquieren para forjar estudiantes con los mayores conocimientos brindados por ellos mismos.

Al igual quiero agradecer a las encargadas de la biblioteca Martha Cecilia Barcenás González y Karla Isela Martínez Martínez por su disposición y amabilidad de préstamos de libros, tesis y equipo de cómputo.

También agradezco muchísimo al encargado del laboratorio de Alimentos el T.L Adán Flores Castañeda y al encargado del laboratorio de química T.L.C Fernando Romero Vargas, por brindarme el material, reactivos, equipo a utilizar durante el proceso de los análisis para mi proyecto de tesis, y de lo más importante por impartirme de sus conocimientos y apoyo total.

Resumen

El pulque es una bebida alcohólica tradicional mexicana, se obtiene del aguamiel fermentado de *Agave salmiana* principalmente. En la actualidad el pulque se consume con poca frecuencia, comparado con otros productos alcohólicos fermentados como la cerveza, además de esto y su composición microbiológica, rica en probióticos como *Lactobacillus acidophilus* y *Leuconostoc* de los más relevantes. El presente proyecto tuvo como objetivo general la caracterización sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado. Para la realización de este estudio, se implementó un diseño de superficie de respuesta por el software de STATGRAPHICS del cual se obtuvieron 15 formulaciones diferentes, considerando los siguientes factores cada uno; tal como es el porcentaje de maltodextrina, días de fermentación y la temperatura de secado. Esto para obtener las mejores condiciones sensoriales y fisicoquímicas de la bebida rehidratada. Para las pruebas sensoriales y fisicoquímicas se reconstituyó el pulque usando 42 g de pulque rehidratado en 200 ml de agua, una vez obtenidas las bebidas se realizaron dos evaluaciones sensoriales, las cuales son la prueba hedónica de 9 puntos y triangular. La prueba hedónica se realizó a 30 panelistas donde se evalúan sus características organolépticas, tales como: apariencia, color, olor y sabor. La prueba triangular igual se aplicó a los 30 panelistas, con la finalidad de que los jueces puedan identificar la prueba diferente, ésta contiene pulque natural y las dos iguales que se presentan contienen pulque reconstituido. Los análisis fisicoquímicos que se realizaron fueron determinación de acidez, pH y color. Además de caracterizar las propiedades reológicas (viscosidad) de cada formulación de las bebidas, dichos resultados de los análisis mencionados anteriormente indican que son favorables ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma y distintos autores. Con la elaboración de este proyecto se pudo identificar cual es el mejor modelo con las mejores condiciones para tener un producto balanceado.

Palabras Clave: Pulque, secado por aspersión, bebida reconstituida.

Abstract

Pulque is a traditional Mexican alcoholic drink, obtained mainly from *Agave salmiana* mead fermented. Pulque is consumed infrequently, compared to other fermented alcoholic products such as beer, in addition to this and its microbiological composition, rich in probiotics such as *Lactobacillus acidophilus* and *Leuconostoc*, the most relevant. The present project had the sensory and physicochemical characterization of a dehydrated pulque-type drink as general objective. To carry out this study, a response surface design was implemented by the STATGRAPHICS software, from which 15 different formulations were obtained, considering the following factors each, such as the maltodextrin percentage, fermentation days and the temperature drying. This to obtain the best sensory and physicochemical conditions of the rehydrated drink. To carry out the sensory and physicochemical tests, the pulque was reconstituted using 42 g rehydrated pulque in 200 ml water. Once the drinks were obtained, two sensory evaluations were carried out, which are the 9-point and triangular hedonic test. The hedonic test was carried out on 30 panelists where their organoleptic characteristics were evaluated, such as: appearance, color, smell and flavor. The equal triangular test was applied to the 30 panelists, with the purpose that the judges can identify the different test, this one contains natural pulque and the two equal ones that are presented contain reconstituted pulque. The physicochemical analyzes that were carried out were acidity determination, pH and color. In addition to the rheological properties (viscosity) characterizing of each beverage formulation, the analyzes results indicate that they are favorable since they are within the parameters established by the standard and by different authors. With this project elaboration it was possible to identify which is the best model with the best conditions to have a balanced product.

Keywords: Pulque, spray-dried, reconstituted beverage

Índice

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Dedicatorias | iii |
| Agradecimientos..... | iv |
| Resumen..... | v |
| Abstract | vi |
| Índice..... | vii |
| Índice de tablas | x |
| Índice de figuras..... | xi |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| Capítulo 1 | 1 |
| GENERALIDADES DEL PROYECTO..... | 1 |
| 1.1 Justificación..... | 2 |
| 1.2 Hipótesis..... | 4 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 4 |
| Capítulo 2..... | 5 |
| MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 Alimentos funcionales | 6 |
| 2.1.1 Generalidades | 6 |
| 2.1.1.2 Clasificación | 7 |
| 2.2 Alimentos prebióticos | 9 |
| 2.2.2 Alimentos probióticos..... | 9 |
| 2.2.3 Alimentos simbióticos | 11 |
| 2.3 Pulque | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.3.1 Generalidades | 13 |
| 2.3.1.1 Producción | 14 |
| 2.4 Tipos de magueyes | 17 |
| 2.5 Propiedades nutricionales y funcionales del pulque | 18 |
| 2.6 Secado por aspersion..... | 20 |
| 2.7 Maltodextrina | 20 |
| 2.8 Análisis sensorial..... | 21 |
| 2.8.1 Generalidades | 22 |
| 2.8.1.1 Tipos de análisis sensorial | 23 |
| Capítulo 3..... | 25 |
| DESARROLLO O METODOLOGÍA | 25 |
| 3.1 Diseño experimental de superficie de respuesta..... | 26 |
| 3.2 Proceso de secado..... | 26 |
| 3.5 Determinación de viscosidad..... | 24 |
| 3.7 Determinación de color..... | 30 |
| 3.7 Evaluación de las propiedades organolépticas mediante un análisis sensorial (prueba hedónica de 9 puntos)..... | 31 |
| 3.7.1 Análisis estadístico | 32 |
| 3.8 Determinar mediante un análisis discriminativo para ver si existen diferencias entre una bebida fermentada tipo pulque rehidratado y una bebida de pulque natural | 33 |
| 3.8.1 Prueba triangular | 33 |
| Capítulo 4..... | 36 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 36 |
| 4.1 Diseño experimental de superficie de respuesta..... | 37 |
| 4.2 Proceso de secado..... | 38 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 4.3 | Proceso de pulque reconstituido | 38 |
| 4.4 | Resultados fisicoquímicos del pulque reconstituido | 39 |
| 4.4.1 | Determinación de pH | 40 |
| 4.4.2 | Determinación de viscosidad | 40 |
| 4.4.3 | Determinación de acidez titulable | 41 |
| 4.4.4 | Determinación de color y análisis de varianza | 41 |
| 4.5 | Evaluación sensorial | 47 |
| 4.6 | Análisis estadístico | 48 |
| 4.7 | Determinar mediante un análisis discriminativo para ver si existen diferencias entre una bebida fermentada tipo pulque rehidratado y una bebida de pulque natural | 50 |
| 4.7.1 | Prueba triangular | 50 |
| 4.8 | Superficie de respuesta en relación entre los niveles de porcentaje de maltodextrina, temperatura y días de fermentación. | 52 |
| 4.9 | Superficie respuesta de la deseabilidad de los análisis fisicoquímicos | 69 |
| 4.9.1 | Muestra óptima | 70 |
| Capítulo 5 | | 71 |
| CONCLUSIONES | | 71 |
| Capítulo 6 | | 73 |
| REFERENCIAS | | 73 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 3. Codificación de las muestras para prueba triangular (Anzaldúa-Morales, 2005)..... | 33 |
| Tabla 3.1. Combinaciones de muestras para prueba triangular (Anzaldúa-Morales, 2005)..... | 34 |
| Tabla 4. Variables de las condiciones de secado..... | 37 |
| Tabla 4.1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del pulque reconstituido..... | 39 |
| Tabla 4.2. Parámetros del análisis de color aplicado a cada formulación..... | 42 |
| Tabla 4.3. Análisis de determinación de color en el pulque natural (Núñez-Galindo, 2016)..... | 43 |
| Tabla 4.4. Análisis de varianza para luminosidad L*..... | 44 |
| Tabla 4.5. Análisis de varianza para colorimetría a*..... | 45 |
| Tabla 4.6. Análisis de varianza para colorimetría b* | 46 |
| Tabla 4.7. Análisis de varianza para el atributo de apariencia | 48 |
| Tabla 4.8. Análisis de varianza para el atributo del sabor | 49 |
| Tabla 4.9. Combinación de factores para muestra óptima | 70 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 2. Clasificación de los alimentos funcionales (Chasquibol et al., 2003)..... | 7 |
| Figura 2.1. <i>Agave salmiana</i> (a), Morfología (b) (Núñez-Galindo, 2016)..... | 12 |
| Figura 2.2. Proceso de obtención de aguamiel y pulque (Núñez-Galindo, 2016)..... | 15 |
| Figura 2.3. Maguey pulquero capado (Alvídrez et al., 2002)..... | 16 |
| Figura 2.4. Pulque fresco de origen natural (Sepulveda-Saenz, 2020)..... | 17 |
| Figura 2.5. Variedades de agaves (García et al., 2018)..... | 18 |
| Figura 2.6 Formula estructural de la maltodextrina (Núñez-Galindo, 2016)..... | 21 |
| Figura 3. Secado por aspersion..... | 27 |
| Figura 3.1. Envase de salsa Ketchup (Samaniego-Duarte, 2015)..... | 28 |
| Figura 3.2. Diagrama de Hunter L, a y b (Núñez-Galindo, 2016)..... | 30 |
| Figura 3.3. Formato de encuesta para prueba hedónica de 9 puntos (Salazar-Ramos, 2005). | 32 |
| Figura 3.4. Formato de encuesta para prueba triangular (Anzaldúa-Morales, 2005)..... | 34 |
| Figura 4. Muestra de pulque deshidratado..... | 38 |
| Figura 4.1. Muestra de pulque reconstituido..... | 38 |
| Figura 4.2. Calificación asignada por los jueces para la apariencia y el sabor..... | 47 |
| Figura 4.3. Representación de las respuestas obtenidas mediante la prueba triangular..... | 50 |
| Figura 4.4. Formato de encuesta triangular contestado por parte de un juez..... | 51 |
| Figura 4.5. Superficie de respuesta estimada para el efecto del análisis fisicoquímico de pH en el pulque reconstituido..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.6. Gráfica de los efectos principales de pH en la determinación del pulque reconstituido..... | 54 |
| Figura 4.7. Superficie de respuesta estimada para la determinación de viscosidad en el pulque reconstituido..... | 55 |
| Figura 4.8. Gráfica de los efectos principales de viscosidad en la determinación del pulque reconstituido..... | 56 |
| Figura 4.9. Superficie de respuesta estimada para la determinación de acidez en el pulque reconstituido..... | 57 |
| Figura 4.10. Gráfica de los efectos principales para la acidez en la determinación del pulque reconstituido..... | 58 |
| Figura 4.11. Superficie de respuesta estimada para el atributo de apariencia mediante la prueba hedónica de 9 puntos..... | 59 |
| Figura 4.12. Gráfica de los efectos principales para el atributo de apariencia en pulque reconstituido..... | 60 |
| Figura 4.13. Superficie de respuesta estimada para el atributo de sabor del pulque reconstituido..... | 61 |
| Figura 4.14. Gráfica de los efectos principales para el atributo del sabor en pulque reconstituido..... | 62 |
| Figura 4.15. Superficie de respuesta estimada para el parámetro de luminosidad L* del pulque reconstituido..... | 63 |
| Figura 4.16. Gráfica de los efectos principales para la luminosidad L* del pulque reconstituido..... | 64 |
| Figura 4.17. Superficie de respuesta estimada para el parámetro de colorimetría a* del pulque reconstituido..... | 65 |
| Figura 4.18. Gráfica de los efectos principales para el parámetro de la colorimetría a*..... | 66 |
| Figura 4.19. Superficie de respuesta estimada para el parámetro de colorimetría b* del pulque reconstituido..... | 67 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.20. Gráfica de los efectos principales para el parámetro de colorimetría b^* del pulque reconstituido..... | 68 |
| Figura 4.21. Superficie de respuesta de la deseabilidad de los análisis fisicoquímicos..... | 69 |

INTRODUCCIÓN

El maguey es una planta de la familia *Agavaceae* que crece en el altiplano semiseco y frío de México. El maguey pulquero o *Agave salmiana* se distribuye principalmente en el valle de México y en los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. Su cultivo y aprovechamiento data de la época precolombina, en la actualidad de él dependen económicamente un gran número de familias campesinas. Los habitantes de estas zonas lo cultivan para extraer del centro de su tallo un jugo denominado aguamiel que al fermentar se convierte en pulque, una bebida de bajo grado alcohólico (Corona-Pérez, 2021).

El agave pulquero en general tarda de 8 a 12 años para florecer, momento en el que son aprovechados para la extracción de aguamiel, ésta se extrae del área donde nace el cogollo y la yema vegetativa, zona donde se forma una cavidad en el centro, hacia la cual escurre la savia dulce o aguamiel, esta posteriormente se almacena en tinacales durante 8 a 30 días para su fermentación, etapa que se lleva a cabo por medio de algunas bacterias como *Zimomona mobilis*, *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, las cuales le confieren la viscosidad característica, mientras que el grado alcohólico lo proporcionan las levaduras del género *Saccharomyces* (Ortiz-Mateos, 2022).

Este producto ha sido por mucho tiempo una bebida muy popular y parte importante de la cultura en México, además se le considera una bebida con propiedades alimenticias por el contenido de azúcares, aminoácidos esenciales y vitaminas (Ramírez-Murillo, 2014).

El secado por aspersion es un proceso de transferencia simultánea de calor y masa, éste puede ser una alternativa para la elaboración de productos en polvo, además de la liofilización, conservando sus características y componentes naturales, entre las principales características del producto secado por aspersion incluye el control de la humedad, el tamaño de partícula, densidad a granel, capacidad de rehidratación entre otras, las cuales son importantes para la estabilidad y aceptación

en el mercado. Cada día se incrementa pronunciadamente la demanda de nutracéuticos de origen natural y alto valor alimenticio, principalmente en las áreas urbanas (Vera-Peña, 2012).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal caracterizar mediante evaluación sensorial y análisis fisicoquímicos las diversas formulaciones de una bebida tipo pulque deshidratado, además de evaluar sus propiedades reológicas de las mismas.

Capítulo 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Justificación

El consumo tradicional de pulque ha disminuido día a día ante la proliferación de nuevas y diversas bebidas fermentadas. Actualmente se está perdiendo la costumbre de consumir pulque, por lo que una alternativa sería procesar la bebida tradicional conservando sus componentes nutrimentales como son vitaminas y aminoácidos esenciales y, ofrecerla con características aceptables para el gusto de los consumidores.

Particularmente el pulque es una bebida natural rica en microorganismos buenos (probióticos principalmente) que ayudan a la prevención y combate de diversas enfermedades gastrointestinales, por ejemplo, la reducción de la intolerancia a la lactosa, la reducción de los valores de colesterol e incluso la reducción del riesgo de cáncer de colon y la estimulación del sistema inmunológico (sistema de defensas) (Cervantes-Contreras, 2017).

El pulque enfrentó varios problemas comerciales, entre ellos, las campañas negativas que estigmatizaban su consumo, el cambio en los hábitos de consumo, las restricciones higiénicas para la distribución del producto y, principalmente, las cargas fiscales que pesaron sobre todo los procesos de elaboración, venta y distribución de la bebida (Valadez-Montes, 2014).

Los productores constituyeron la Cámara Nacional de la Industria Pulquera (CNIP), organismo encargado de atender los asuntos relativos a su comercio, fomentar el desarrollo de la industria a nivel nacional y atender los intereses de los productores asociados. Presentando la petición de crear un “impuesto único” en la industria pulquera.

Por otro lado, dado que el pago para corromper a los funcionarios de gobierno era cada vez más cuantioso y las pérdidas por el derrame del pulque eran cada vez mayores, por esta razón muchos productores dejaron de comercializarlo (Valadez-Montes, 2014).

Una alternativa que se adecua y que es eficiente para el procesamiento de productos naturales es el proceso de secado por aspersion, el cual permite obtener productos en polvo con alta calidad, no alterando sus propiedades fisicoquímicas y que podría ser aplicado al pulque para obtener un producto deshidratado con un alto valor nutritivo (Núñez-Galindo, 2016).

El propósito de este proyecto es encontrar las condiciones adecuadas para rehidratar el pulque mediante el proceso de secado por aspersion, conservando la mayor parte de sus componentes nutrimentales que son de gran interés.

1.2 Hipótesis

Es posible la caracterización sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo General

Caracterización sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas de diversas formulaciones de una bebida reconstituida a base de pulque deshidratado.
2. Caracterizar las propiedades reológicas de diversas formulaciones de una bebida reconstituida a base de pulque deshidratado.
3. Evaluar las propiedades sensoriales de diversas formulaciones de una bebida reconstituida a base de pulque deshidratado.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Alimentos funcionales

2.1.1 Generalidades

Un alimento o componente alimenticio funcional puede ser un macronutriente con un efecto fisiológico específico o un micronutriente esencial, pero también puede ser un componente alimenticio que, aunque no tenga un alto valor nutritivo o no sea esencial, su consumo logre la modulación de alguna función en el organismo que reduzca el riesgo de enfermedad, como es el caso de la fibra y algunos microorganismos viables (Roberfroid, 2006).

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha definido los alimentos funcionales como "cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene componentes adicionales que favorece la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona". El concepto de alimento funcional surgió en Japón hace ya unos 30 años, cuando se planteó un nuevo concepto de alimentos desarrollados específicamente para mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedades (Ramírez-Viscarra, 2006).

Así, el Consejo Internacional de Información sobre Alimentos (IFIC) define a un alimento funcional como aquel alimento que se consume como parte de una dieta normal y que contiene ciertos compuestos que son beneficiosos para la salud. Estos compuestos pueden ser variados: minerales, vitaminas, antioxidantes, etc. Asimismo, se pueden combinar alimentos funcionales entre sí para generar mezclas que puedan ser beneficiosas por la combinación de compuestos obtenidos (Cruzado & Cedrón, 2012).

2.1.1.2 Clasificación

Los alimentos funcionales se pueden dividir en dos amplias categorías. La primera categoría consiste en alimentos funcionales que naturalmente contienen un componente que ofrece beneficios adicionales al consumidor.

La otra categoría consiste en alimentos procesados en el que el componente se añade al alimento para darle beneficios adicionales.

Estas categorías se clasifican en alimentos prebióticos, probióticos y simbióticos (Sedó-Mesias, 2001).

La clasificación más generalizada de los alimentos funcionales es la siguiente, se puede observar en la **figura 2** (Chasquibol et al., 2003).

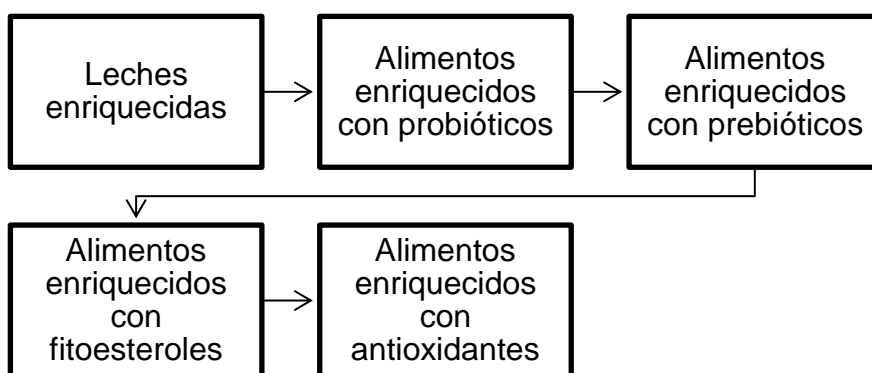


Figura 2. Clasificación de los alimentos funcionales (Chasquibol et al., 2003).

- **Leches enriquecidas.** La leche descremada y semidescremada se enriquece habitualmente con vitaminas A y D y calcio asimilable, con el fin de restablecer las vitaminas eliminadas en el proceso de descremado, las cuales mejoran la absorción del calcio y previenen la aparición de enfermedades como la osteoporosis.
- **Alimentos enriquecidos con probióticos.** Son alimentos que contienen organismos vivos. Consumidos en dosis suficiente, ejercen una serie de

funciones beneficiosas en el organismo, como fomentar el equilibrio de la flora intestinal y estimular el sistema inmunitario. Los productos más conocidos son lácteos, en especial, yogures tipo bifidus.

- **Alimentos enriquecidos con prebióticos.** Los prebióticos son sustancias (distintos tipos de fibra, fundamentalmente) que tras su ingesta resultan capaces de superar la digestión y servir de sustrato fermentable a la microflora bacteriana del intestino, para su metabolismo, crecimiento y reproducción, esto repercute muy positivamente en el organismo, ya que se mejora el tránsito intestinal y la absorción de nutrientes.
- **Alimentos enriquecidos con fitoesteroles.** Los fitoesteroles son compuestos vegetales que dificultan la absorción de colesterol, ayudando a la reducción de niveles elevados en sangre del llamado colesterol “malo”. En la dieta existen varias fuentes de fitoesteroles, presentes en frutos secos, como las nueces o almendras, cereales integrales y aceites vegetales. Sin embargo, la ingesta habitual de estos productos está muy por debajo de los límites que tendrían un efecto beneficioso para la salud, lo que justifica su implementación industrial en margarinas, yogures y leches, fundamentalmente.
- **Alimentos enriquecidos con antioxidantes.** Los antioxidantes son sustancias que, en pequeñas cantidades, logran bloquear el efecto nocivos de los radicales libres, implicados en los procesos de envejecimiento celular y la posible aparición de determinados tipos de dolencias, como las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Además, ayudan a la conservación de los alimentos, lo cual les otorga verdadera relevancia industrial. Los antioxidantes de mayor relevancia son las vitaminas, tanto hidrosolubles (vitamina C), como liposolubles (vitamina A y E), y los compuestos fenólicos o polifenoles (Gülçin, 2010).

2.2 Alimentos prebióticos

Los prebióticos son ingredientes no digeribles de la dieta, que producen efectos beneficiosos estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o más tipos de bacterias en el colon, las que tienen a su vez la propiedad de elevar el potencial de salud del hospedero. Son fundamentalmente fructo y galacto oligosacáridos (Cagigas-Reig, 2002).

Algunos componentes presentes de la fibra son denominados prebióticos, definidos como ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que afectan de manera positiva al huésped, estimulando de forma selectiva el crecimiento y/o la actividad metabólica de un número limitado de cepas de bacterias colónicas. Estos compuestos se caracterizan por ser moléculas de gran tamaño que no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal alto, alcanzando el intestino grueso donde son degradados por la microflora bacteriana, principalmente por las *Bifidobacterias* y *Lactobacilos*, generando de esta forma una biomasa bacteriana saludable y un pH óptimo (Genevois et al., 2007).

Para que un ingrediente alimenticio sea considerado prebiótico debe cumplir con los siguientes criterios:

- No debe ser hidrolizado o absorbido en la parte alta del tracto digestivo.
- Debe ser fermentado selectivamente por una o un número limitado de bacterias potencialmente benéficas del colon, por ejemplo, bifidobacterias y *lactobacilos* (Genevois et al., 2007).

2.2.2 Alimentos probióticos

Los probióticos son aquellos microorganismos vivos que, al ser agregados como suplemento en la dieta, afectan en forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino. Esta denominación “probiótico”, se aplica tanto a los microorganismos como a los productos alimenticios que contienen determinados

microorganismos viables principalmente bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* en número suficiente para alterar el microbiota, generando efectos beneficiosos para la salud” (Castillo-Barón, 2016).

También conocidos como suplementos alimenticios microbianos vivos que afectan beneficiosamente al huésped al mejorar su equilibrio microbiano intestinal.

Poseen la capacidad de regular la flora intestinal y la estimulación del sistema inmunológico (sistema de defensas). Las propiedades anteriores están fuertemente relacionadas ya que los cambios en la flora intestinal afectan directamente al sistema inmunológico. *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, son las bacterias más destacadas, ya que son las especies probióticas que favorecen el ecosistema microbiano intestinal (García-Vilchis, 2013).

El ácido láctico es el principal producto final de la fermentación del azúcar. Algunos de los LAB conocidos que se utilizan como probióticos son *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus rhamnosus*, etc (Kumar-Anal, 2007).

2.2.3 Alimentos simbióticos

La combinación de prebióticos con probióticos se ha definido como simbiótico, son bacterias intestinales benéficas en números elevados, así como los suplementos nutritivos para ellas, tienen la capacidad de contribuir a la multiplicación rápida en los intestinos y a aportar beneficios para la salud de manera efectiva. La cual beneficia al huésped mediante el aumento de la sobrevivencia e implantación de los microorganismos vivos de los suplementos dietéticos en el sistema gastrointestinal (Villegas & Salazar, 2007).

Aún está poco estudiada esta combinación, que podría aumentar la supervivencia de las bacterias en su fase de tránsito intestinal y, por tanto, aumentaría su potencialidad para desarrollar su función en el colon. Se ha descrito un efecto sinérgico entre ambos, es decir, los prebióticos pueden estimular el crecimiento de cepas específicas y por tanto contribuir a la instalación de una microflora bacteriana específica con efectos beneficiosos para la salud (Ramírez-Viscarra et al., 2006).

Un ejemplo de este sinergismo lo constituye la relación de la cantidad de fibra dietética en la dieta con la microflora intestinal: una dieta pobre en fibra puede producir cambios en la ecología de la microflora intestinal y una disminución en la población de *Lactobacillus* con aumento de *bacteroides* capaces de desdoblar los ácidos biliares secundarios en compuestos carcinogénicos, como el deshidronorcoleno y el metilcolantreno.

La composición de la flora intestinal puede ser modificada por la ingesta de alimentos suplementados con prebióticos, probióticos o ambos (simbióticos) (Cagigas-Reig, 2002).

2.3 Pulque

El pulque es una bebida tradicional mexicana que se obtiene por la fermentación de la savia azucarada conocida como aguamiel obtenido a partir de la especie del maguey *xamini* (*Agave salmiana*). Esta bebida es consumida por poblaciones indígenas y mestizas de muchas regiones del país, particularmente en las áreas de la meseta central (Cervantes-Contreras, 2017).

Las especies *A. salmiana*, son las principales productoras de aguamiel para la elaboración de pulque. Estas especies pertenecen al grupo *salmianae*, su cultivo se desarrolla entre los 1,200 a 2,500 m de altitud con lluvias de 350 a 1,000 mm anuales. El *Agave salmiana* es una especie endémica de México. El agave crece como planta silvestre en los estados del centro de México (Durango, Hidalgo, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí) (Núñez-Galindo, 2016). En la **Figura 2.1** Inciso **(a)**, podemos observar la planta de *Agave salmiana* y en el inciso **(b)**, observamos su Morfología.

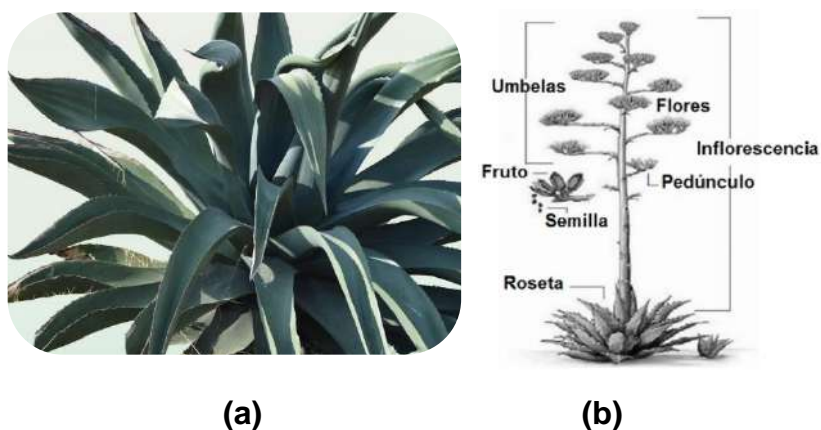


Figura 2.1 (a) *Agave salmiana* y **(b)** Morfología (Núñez-Galindo, 2016).

El pulque es una de las tantas bebidas que nuestro país dio al mundo. A lo largo de nuestra historia este elixir ha sido consagrado a los dioses y a sus representantes en la tierra, gobernantes, sacerdotes y guerreros principalmente, pero también ha sido una bebida infravalorada, despreciada y sus consumidores estigmatizados.

Su existencia ha estado en riesgo por prohibiciones gubernamentales, la sobre explotación y la pobreza que afecta a los productores que tradicionalmente trabajan con el maguey (Pedroza-Rodríguez, 2017).

2.3.1 Generalidades

El pulque se ha consumido durante miles de años en el centro de México y sigue siendo popular en muchas comunidades. Es muy probable que los antiguos Otomíes fueron los primeros en preparar el pulque hacia el año 2000 a.C, heredando el proceso de elaboración a casi todas las culturas de la meseta central. Sin embargo, diferentes leyendas atribuyen su origen a la civilización Tolteca (Olvera et al., 2013).

A medida que esta cultura dominaba el altiplano mexicano, establecieron las pautas para el consumo y uso religioso del pulque, solo a los niños y jóvenes, los ancianos, las mujeres embarazadas o en lactancia, sacerdotes y guerreros se les permitía consumirlo. Cuando el Imperio Azteca cayó, el pulque perdió su importancia religiosa y ha prevalecido hasta hoy como una bebida tradicional y popular.

Al principio de la Época Colonial, los españoles promovieron su consumo entre los grupos indígenas y los esclavos inmigrantes como un medio para controlarlos (Hernández-Bravo, 2015).

Las actividades de producción y comercialización del pulque florecieron a finales del Siglo XVIII, con el desarrollo de las haciendas pulqueras, dedicadas al cultivo de plantas de agave, extracción de aguamiel y la producción de pulque, el cual era transportado principalmente a las ciudades de México y Puebla. Las haciendas pulqueras prosperaron principalmente en los estados del centro de México, tales Fundamentos teóricos como Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Morelos y Michoacán (Benavidades-Polo, 2022).

Actualmente, el pulque se considera una bebida tradicional que prácticamente ha desaparecido del mercado urbano y que solo se encuentra en pulquerías ubicadas en barrios populares de la ciudad de México, mientras que, en las zonas rurales cerca de las regiones de producción, el pulque sigue siendo la bebida estimulante preferida, es consumida por hombres, mujeres y niños como parte de la dieta diaria (Figueredo et al., 2020).

De acuerdo con la norma **NMX-V-037-1972**, que determina el pulque manejado a granel define el pulque como la bebida fermentada de bajo contenido alcohólico, no clarificada, de color blanco, ácida, de aspecto viscoso elaborada mediante el empleo como substrato fermentable del aguamiel obtenido de Agave pulquero. Esta bebida se produce principalmente en estados centrales de México y juega un papel importante en la nutrición de las personas de bajos ingresos (López et al., 2011).

2.3.1.1 Producción

Hace algunas décadas, un saber relevante entre la mayoría de los hombres Tequexquináhuac estaba relacionado con la producción de maguey y la elaboración de pulque. Probablemente el pulque sea la bebida alcohólica más antigua y tradicional mexicana, se produce por la fermentación de aguamiel (savia dulce) extraído de varias especies de agave (Guillermo-Quinde, 2018).

La plantación de maguey inicia con la preparación de la tierra, en algunos casos se agrega abono de ganado; posteriormente, se debe esperar, dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo, entre cinco, siete y hasta 10 años para extraer por primera vez el aguamiel, esto se hace según el adelgazamiento del “meyote” (cogollo o yema central) (Cruz, 2022).

El maguey se deja reposar hasta por seis meses, el cual es un periodo de envejecimiento, lo que permite la maduración de las hojas centrales y el aumento

del contenido de azúcares. En la **Figura 2.2** podemos apreciar la obtención de aguamiel y el proceso para convertirse en pulque (Núñez-Galindo, 2016).

Para la extracción de aguamiel, que es la parte más importante del proceso, se corta la inflorescencia de la planta (quiote) antes de que se desarrolle, esta operación es conocida como “capar el maguey”, que consiste en cortar las hojas laterales de la planta hasta dejar solamente el corazón; esto con el fin de dejar libre la zona de trabajo para facilitar picar la parte central de la planta (mezontete) y formar una cavidad cóncava (cajete) donde se junte la savia (Palafox-González, 2017).

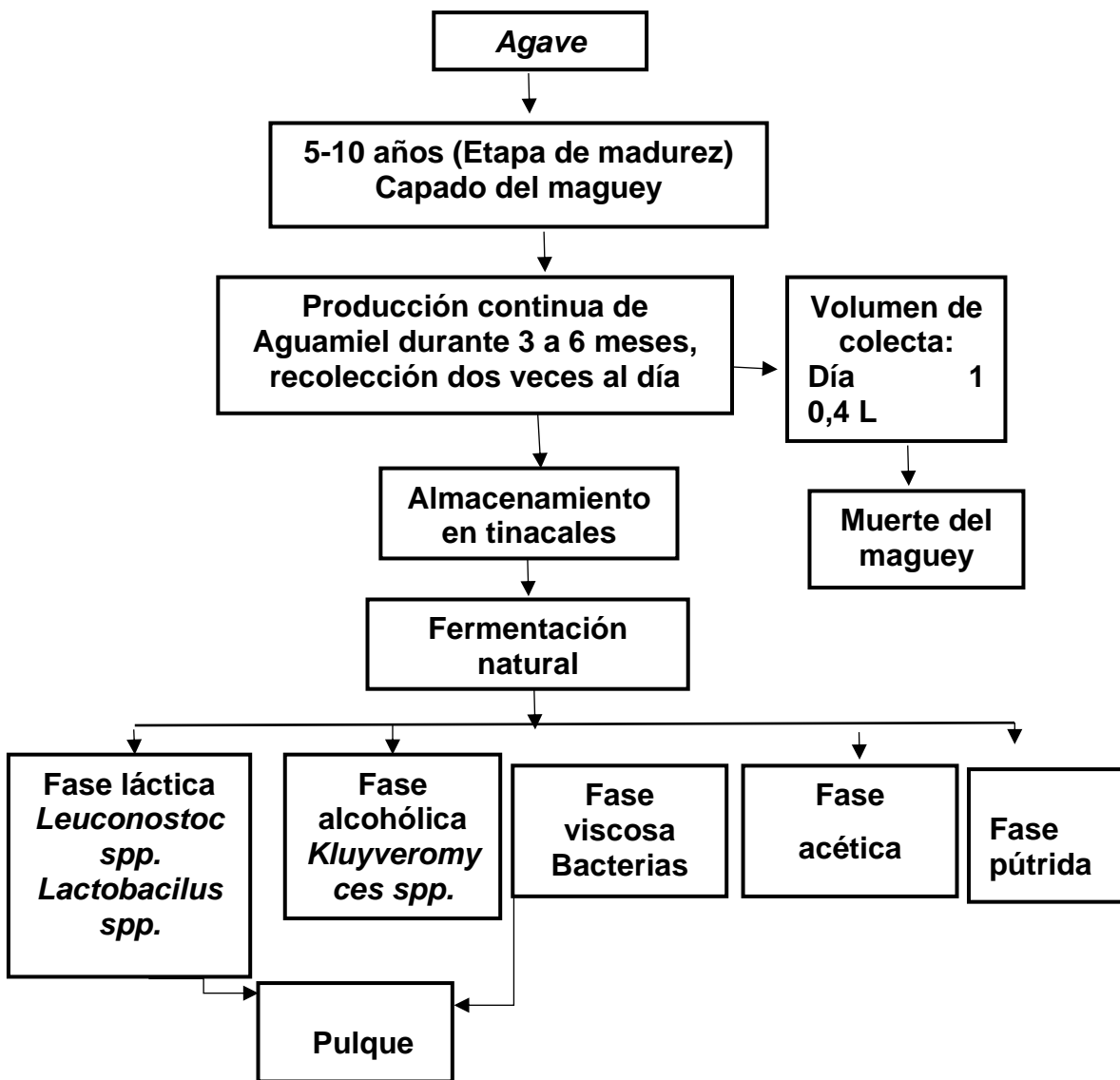


Figura 2.2 Proceso de obtención de aguamiel y pulque (Núñez-Galindo, 2016).

La pared del cajete se raspa diariamente para mantener el flujo de aguamiel, el cual se va depositando en la misma cavidad, es obtenida por succión oral a través de una calabaza (Legendaria Sinceraría) seca llamada “acocote” (Palafox-González, 2017).

Un maguey puede producir por un periodo de 6 meses, dos veces al día, una cantidad de 3 a 4 L de aguamiel, después de este periodo la planta llega a su ciclo final de vida. Una vez recolectada el aguamiel es llevada a los tinacales (recipientes abiertos de hasta 700 L de capacidad) donde se realiza la fermentación, sea de forma espontánea o inducida mediante la adición de la semilla, y después de horas se obtiene como producto final el pulque (Rocha & Rojas, 2008). En la **Figura 2.3** se puede observar el maguey pulquero capado (Alvídrez et al., 2002).



Figura 2.3 Maguey pulquero capado (Alvídrez et al., 2002).

Cuando se elabora mediante la semilla, la fermentación se desarrolla durante varias horas, dependiendo de la calidad del aguamiel, los microorganismos presentes en la semilla y las condiciones del contenedor, cuyo propósito es mantener la temperatura y ventilación adecuadas para que el aguamiel fermente (Núñez-Galindo, 2016).

Finalmente, se obtiene el pulque (producto final), el grado de fermentación varía de acuerdo con el productor, se caracteriza principalmente por ser una bebida alcohólica de color blanco ligeramente acida, con olor fuerte y viscosa, además puede tener propiedades probióticas debido a que contiene bacterias ácido lácticas como el *Lactobacillus acidophilus* y *Leuconostoc mesenteroides* (Sepulveda-Saenz, 2020). En la **Figura 2.4** se observa el pulque fresco de origen natural



Figura 2.4 Pulque fresco de origen natural (Sepulveda-Saenz, 2020).

2.4 Tipos de magueyes

Existen distintas especies y variedades de magueyes productores de aguamiel, Principalmente del *Agave salmiana var. salmiana* (maguey verde o pulquero), *A. atrovirens* (maguey blanco), *A. mapisaga* (maguey mexicano o manos largas) y *A. americana* (maguey cenizo), manso, penca larga, cimarrón, chalqueño, ayoteco, carrizo o carrizillo, poblano, maguey criollo, santanero, chichimeco, muthá, xaminí, sálate, xilomen, etc (López et al., 2011). Como se muestra en la **Figura 2.5** variedades de agaves (García et al., 2018).

Estas especies crecen en una vasta región de las zonas áridas, semiáridas y templadas, en arena, suelos pobres y bien drenados, con precipitaciones escasas e irregulares. Dichas especies de maguey se encuentran ampliamente distribuidas en los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla (López et al., 2011).



Agave de salmiana
(maguey verde pulquero)



Agave atrovirens
(maguey blanco)



Agave mapisaga
(maguey mexicano o manos largas)



Agave americana
(maguey cenizo)

Figura 2.5 Variedades de agaves (García et al., 2018).

2.5 Propiedades nutricionales y funcionales del pulque

El pulque ha sido consumido durante miles de años en México central y sigue siendo popular en muchas comunidades, por sus propiedades nutritivas. En la actualidad el pulque es una bebida popular, su consumo varía de acuerdo con la edad y el tipo de consumidor y actualmente ha tomado especial interés debido a sus propiedades nutricionales, destacando el aporte de vitamina C, proteínas, calorías, aminoácidos, calcio y hierro (Ramírez-Yáñez et al., 2014).

En el lado nutricional se ha encontrado que el consumo de 0.5 L de pulque contiene aproximadamente 24 g de etanol y proporciona 215 kcal, así como minerales y vitaminas, incluyendo el ácido ascórbico (30 mg), tiamina (0.1 mg), riboflavina (0.1 mg) y hierro (3.5 mg), además esta bebida contiene aminoácidos libres cíclicos y alifáticos, y proteínas. De acuerdo con su coeficiente de digestibilidad, proporcionan

un 0.628 % de calorías (sacarosa, fructosa, glucosa y fructooligosacáridos) (Ortiz-Mateos, 2022).

Debido a la gran cantidad de componentes alimenticios en el aguamiel y pulque, es que se tiene mayor interés, además de presentar bajo índice glucémico y efectos benéficos en la salud. Por otro lado, el aguamiel y pulque son una fuente de microorganismos con alto potencial biotecnológico, sus propiedades nutrimentales, pro y prebióticas confiere beneficios sobre el sistema digestivo de humanos, como reductores de enzimas involucradas en cáncer gástrico y antimicrobianos (Ramírez-Higuera, 2010)

El proceso de producción del pulque involucra tres fermentaciones: ácido, alcohólico y viscoso, los microorganismos involucrados tienen potencial como transportadores de azúcar, enzimas hidrolíticas, exopolisacáridos, ácido láctico o productoras de etanol, los cuales pueden ser aislados de esta bebida (Pérez et al., 2022).

Los microorganismos involucrados en la fermentación se encuentran de forma natural en el aguamiel y son los mismos que prevalecen durante la recolección, transporte, inoculación y manipulación, entre los más comunes son; varias especies de levaduras y bacterias, que incluyen a la bacteria *ácido-láctica* homo y hetero fermentativas, la bacteria productora del alcohol *Zymomonas mobilis* y la bacteria productora de dextrano *Leuconostoc mesenteroides* (Roldán-Cruz, 2023).

Recientemente se le ha considerado como un producto probiótico, debido a la presencia de una gran población de bacterias ácido lácticas como *Lactobacillus acidophilus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Zymomonas mobilis*, debido a sus características se considera como alimento de alto valor nutrimental, la combinación de macro y micronutrientes en conjunto con las bacterias ácido-lácticas le confieren propiedades pre y probióticas (Roldán-Cruz, 2023).

2.6 Secado por aspersión

El secado por aspersión es un proceso de transferencia simultánea de calor y masa, éste puede ser una alternativa para la elaboración de productos en polvo, además de la liofilización, conservando sus características y componentes naturales, entre las principales características del producto secado por aspersión incluye el control de la humedad, el tamaño de partícula, densidad a granel, capacidad de rehidratación entre otras, las cuales son importantes para la estabilidad y aceptación en el mercado. Cada día se incrementa pronunciadamente la demanda de nutracéuticos de origen natural y alto valor alimenticio (Ormaza et al., 2021).

Por lo cual resulta importante conocer las características del material a secar, así como las especificaciones deseadas del polvo. La conveniencia del uso de esta técnica radica en los tiempos cortos de producción, la factibilidad económica y el uso de bajas temperaturas lo cual es un parámetro crucial para aquellos productos sensibles al calor, debido a que promueve una alta retención de sabor, color y nutrientes (Rutiaga et al, 2015).

2.7 Maltodextrina

Las maltodextrinas son hidratos de carbono obtenidos por hidrólisis parcial del almidón de maíz o papa mediante enzimas hidrolíticas (α -amilasa) en medio ácido (ácido clorhídrico). Las maltodextrinas se clasifican por su grado equivalente de dextrosa (DE), que es una medida del poder reductor, teniendo como base 100 el de la dextrosa. Su composición química consiste en unidades de α -D-glucosa unidas con enlaces α (1-4) y con un bajo número de enlaces α -(1,6) en posición aleatoria. A mayor DE, las cadenas lineales son más cortas y tienen mayor contenido de maltosa y glucosa (Rocha-Sanabria, 2009).

En la **Figura 2.6** se muestra la fórmula estructural de la maltodextrina.

Las maltodextrinas son agentes de carga, es decir, sustancias inertes que permiten aumentar los sólidos de un alimento sin un cambio concomitante en su viscosidad.

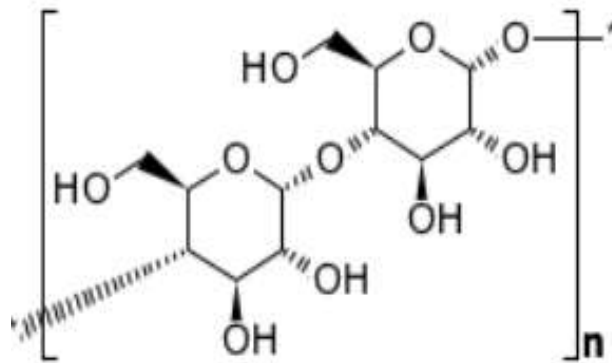


Figura 2.6 Formula estructural de la maltodextrina (Núñez-Galindo, 2016).

2.8 Análisis sensorial

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensus, que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importantes como los métodos químicos, físicos y microbiológicos. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos, o sea, sus cinco sentidos. Esta ciencia se ocupa de medir y cuantificar las características de un producto como son; apariencia, color, olor, sabor y textura tal y como son percibidos por los sentidos humanos (Anzaldúa-Morales, 2005).

El Instituto de Tecnólogos de Alimentos de Estados Unidos (IFT) define a la Evaluación Sensorial como una “ciencia utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. En este sentido, la Evaluación Sensorial puede considerarse una herramienta eficaz a la hora de analizar y estudiar las características de los alimentos (Magaña-Benítez, 2018).

El estudio de las características organolépticas de los alimentos se realiza por medio del análisis sensorial; con el fin de obtener resultados representativos, el análisis

debe ser realizado por un grupo de personas que conforman lo que se denomina un "panel sensorial" o "panel de catadores". En general los alimentos se someten a la evaluación sensorial para proporcionar información que pueda conducir al mejoramiento del producto, mantenimiento de la calidad, desarrollo de nuevos productos y análisis de mercado (Puerta-Q, 1985).

2.8.1 Generalidades

La evaluación sensorial de alimentos da respuesta a un bagaje de preguntas que sobre la calidad de un producto se puedan formular. Se hace referencia principalmente a si existen o no diferencia entre dos o más muestras o productos (pruebas discriminativas), se trata de describir y medir las diferencias que se puedan presentar (pruebas descriptivas) y por último se pretende conocer el grado de preferencia, de gusto o disgusto y de satisfacción que pueda presentar un panelista por un producto determinado (Magaña-Benítez, 2018).

Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos se dividen en tres grupos:

Las **pruebas afectivas** son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del juez evaluador. Por otro lado, las **pruebas de discriminación** son aquellas en las que se desea establecer si dos muestras son lo suficientemente diferentes para ser catalogadas como tal. Finalmente, las **pruebas descriptivas** intentan definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Nevárez et al., 2009).

2.8.1.1 Tipos de análisis sensorial

La evaluación sensorial de alimentos se lleva a cabo por medio de diferentes tipos de pruebas, dependiendo del tipo de información que se busque obtener. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las descriptivas y las de discriminación (Gastélum-Franco, 2009).

- **Pruebas afectivas**

Son aquellas en las cuales el juez se expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Es necesario, determinar si uno desea evaluar simplemente preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto), o si también uno quiere saber cuál es la aceptación que tiene el producto entre los consumidores, ya que en este último caso los cuestionarios deberán contener no sólo preguntas acerca de la apreciación sensorial de alimento, sino también otras destinadas a conocer si la persona desearía no adquirir en producto. Para estas pruebas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados (Salazar-Ramos, 2005)

- **Pruebas descriptivas**

Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor. Las pruebas analíticas descriptivas se clasifican en: escalas de clasificación por atributo y en pruebas de análisis descriptivo (Liria-Domínguez, 2008).

- **Pruebas discriminativas**

Son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no, entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia.

Para estas pruebas pueden usarse jueces semientrenados cuando las pruebas son sencillas, tales como la de comparación apareada simple, la dúo-trío, o la triangular; sin embargo, para algunas comparaciones más complejas, como las comparaciones apareadas de Scheffé o las comparaciones múltiples, es preferible que los jueces sean entrenados (Vera-Enríquez, 2008).

Capítulo 3

DESARROLLO O METODOLOGÍA

3.1 Diseño experimental de superficie de respuesta

Para crear el diseño experimental de superficie de respuesta se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI 16.1.11, en el cual se generó una tabla bajo el diseño factorial a tres niveles simples, es decir utilizando tres niveles por cada factor, un nivel bajo (-), nivel central (0), nivel alto (+), formando corridas en combinación con los tres niveles, en base a esto se tomaron los siguientes rangos para cada variable. Días de fermentación (0, 5 y 10), porcentaje de maltodextrina (15, 20 y 25%), y temperaturas (100, 110 y 120 °C).

Teniendo en cuenta dichos rangos en el programa, se obtuvo una tabla de 15 formulaciones con diferentes variables combinadas.

3.2 Proceso de secado

Para el proceso de secado por aspersion se realizaron 15 formulaciones como se muestran en el diseño de superficie de respuesta, para cada muestra se usaron 500 ml de pulque, variando sus días de fermentación de 0, 5 y 10 días, adicionando (% MD) maltodextrina del 15, 20 y 25% y variando su temperatura de 100, 110 y 120 °C.

Cada muestra de pulque se midió con una probeta de 1000 ml y se le añadió la cantidad de 500 ml de pulque que era el que se solicitaba, se procedió a vaciar la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, en seguida se le agrego la cantidad de maltodextrina en (%) que esta requería.

Después se pasó a calentar la muestra a una temperatura de 25°C, mediante la parrilla de agitación para que se disolviera y fuera más homogénea, hasta llegar al punto de que desaparecieran los grumos de maltodextrina.

Posteriormente, la muestra se pasó al secador por aspersion, la cual se llevó a cabo empleando un aspersor Spry Dryer (ADL311S) marca YAMATO. Se posiciono manualmente la temperatura de entrada con la que se requería trabajar para la

muestra, para ello se precalentó el equipo para que la temperatura fuera uniforme en toda la cámara de aspersión. Este también debía contar con otras condiciones para obtener un producto con las características deseadas, por ejemplo, debía contar con una presión de aire de entre 40 y 60 Psi (4bar), la alimentación del equipo se realizó por medio de una bomba peristáltica controlando el caudal a una velocidad de 2.5 (unidades), temperatura de salida de entre 50 y 60 °C y presión de atomización 0.25 MPa.



Figura 3. Secador por aspersión

3.3 Proceso para reconstituir el pulque.

Una vez rehidratado el pulque se procedió a reconstituirlo, usando 22g de pulque rehidratado en 100 ml de agua purificada, se pasó a la parrilla de agitación con la finalidad de obtener una muestra homogénea.

El pulque se enfrió y se utilizó para realizar los análisis fisicoquímicos y sensoriales.

3.4 Determinación de pH

La determinación se realizó en base al método de la norma **NMX-F-317-S-1978**, que determina el pH en alimentos.

Para esta determinación de pH, se utilizó un medidor de pH marca HANNA HI 2211, el cual se calibro con los buffers de 4 y 7 de pH (26°C).

Se sumergió el electrodo del potenciómetro en el vaso de precipitado con la muestra y una vez realizado lo anterior, se registraron los datos obtenidos y se graficaron para ver el comportamiento, la prueba se efectuó por triplicado para eliminar cualquier margen de error, se realizó el mismo procedimiento para las quince formulaciones.

3.5 Determinación de viscosidad

La determinación de viscosidad en la bebida se realizó utilizando el método de la norma **NMX-AA-136-SCFI-2007**, que determina la potabilización del agua para uso y consumo humano.

Se utilizó un viscosímetro (Brookfield), para determinar la viscosidad, se comenzó seleccionando la sonda y/o aguja N° 61, velocidad de corte de 40 rpm. Se limpió y después se corroboró que la aguja estuviera correctamente instalada en el viscosímetro, posteriormente se vertieron 200 ml de muestra en un vaso de precipitado de 250 ml y se ajustó el viscosímetro para que la aguja quedara dentro del vaso, al igual se introdujo el electrodo de temperatura(28°C), se encendió el viscosímetro y se calibro en auto cero, se tomó la lectura resultante después de un minuto, para que se estabilizará el dato tomado y este fuera más exacto, realizando el análisis por triplicado para cada uno de los tratamientos, los resultados se expresaron en centipoise (cps).

Además, se realizó la comparación de la viscosidad de otro alimento, en este caso de la salsa Ketchup, Figura 3.1 (Samaniego-Duarte, 2015).



Figura 3.1 Envase de salsa Ketchup (Samaniego-Duarte, 2015).

3.6 Determinación de acidez

La determinación se realizó en base al método de la **NMX-F-511-1988. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN LA LECHE RECONSTITUIDA.**

Se preparó la muestra de NAOH al 0.1N, tomando una muestra de 9 ml de pulque de los quince tratamientos, colocando los ml en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. De manera consecuente en el mismo matraz se agregaron 2 gotas de fenolftaleína y se homogenizo la muestra.

Al finalizar lo anterior, se realizó la valoración con Hidróxido de Sodio (NaOH) a una concentración de 0.1N, se valoró hasta la aparición de un color rosado persistente. Una vez que se concluyó lo anterior se efectuó la prueba con tres repeticiones para cada tratamiento, esto con la finalidad de eliminar cualquier margen de error.

Para la determinación del % de acidez se realizó mediante la siguiente formula:

$$A.T. = \frac{V \times N \times 0.090}{M} \times 100$$

Dónde:

A.T. = Acidez total expresada en gramos de ácido láctico por 100 ml de muestra.

V = Volumen gastado de hidróxido de sodio en la titulación de la muest

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio en la titulación.

0.090 = Miliequivalente de ácido láctico.

M = Volumen de muestra empleado en la determinación.

3.7 Determinación de color

Para realizar la determinación de color se utilizó un colorímetro CR-20 que nos indica la calidad del alimento, calidad comestible, intensidad del sabor. Este equipo cuenta con una pantalla LCD en la que podemos ver los resultados de medición de uno a ocho espacios de color/índices colorimétricos incluyendo la luminosidad del alimento L^* , colorimetría a^* y colorimetría b^* tomando como referencia la **Figura 3.1** (Núñez-Galindo, 2016).

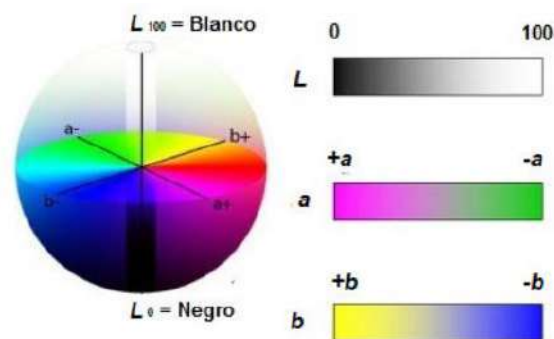


Figura 3.2 Diagrama de Hunter L, a y b (Núñez-Galindo, 2016).

Dónde:

L^* = luminosidad (indica blanco)

a^* = coordenadas rosas/verde (+a indica rosa, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Al usar el equipo, primeramente, se calibro con respecto a un estándar (placa blanca). En seguida la medición se efectuó depositando la muestra de pulque (deshidratado) en el interior del equipo, sin sumergir este totalmente de la muestra, solo que alcanzara a tocar de manera superficial la muestra para tomar la lectura, y las mediciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento.

Por otro lado, también se efectuó la comparación de los parámetros de color L^* , a^* y b^* del pulque natural, de acuerdo con la determinación realizada por (Núñez-Galindo, 2016).

3.7 Evaluación de las propiedades organolépticas mediante un análisis sensorial (prueba hedónica de 9 puntos)

La prueba hedónica verbal de nueve puntos se realizó para las quince formulaciones, con la finalidad de evaluar los siguientes factores:

- Satisfacción
- Apariencia
- Sabor

Se presentaron las muestras a 30 jueces no entrenados, por medio de una escala de 9 puntos. La escala comprende un rango que va desde me gusta extremadamente a me disgusta extremadamente (Anzaldúa-Morales, 2005)

El formato utilizado se muestra en la Figura 3.3 (Salazar-Ramos, 2005).

PRUEBA SENSORIAL ESCALA HEDÓNICA 9 PUNTOS.

PRODUCTO: Pulque Rehidratado.

Muestra: _____ **Fecha:** _____

Pruebe por favor la muestra que se le da, e indique el nivel de agrado de la muestra, marcado con una X en la escala que mejor describe su sentir.

| PUNTAJE | CALIFICACIÓN | APARIENCIA | COLOR | OLOR | SABOR |
|---------|----------------------------|------------|-------|------|-------|
| 9 | Me gusta extremadamente | | | | |
| 8 | Me gusta mucho | | | | |
| 7 | Me gusta moderadamente | | | | |
| 6 | Me gusta ligeramente | | | | |
| 5 | Ni me gusta ni me disgusta | | | | |
| 4 | Me disgusta ligeramente | | | | |
| 3 | Me disgusta moderadamente | | | | |
| 2 | Me disgusta mucho | | | | |
| 1 | Me disgusta extremadamente | | | | |

Figura 3.3 Formato de encuesta para prueba hedónica de nueve puntos (Salazar-Ramos, 2005).

3.7.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la diferencia entre las formulaciones. Esta prueba se utiliza para probar la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales, indicando si hay diferencias estadísticas entre las medias de tres o más grupos independientes.

3.8 Determinar mediante un análisis discriminativo para ver si existen diferencias entre una bebida fermentada tipo pulque rehidratado y una bebida de pulque natural

3.8.1 Prueba triangular

La prueba triangular se realizó para las quince formulaciones, la cual se realizó con 30 jueces (Anzaldúa-Morales, 2005), los cuales fueron seleccionados de acuerdo con su edad.

Se le presentaron tres muestras a cada juez, de las cuales dos eran iguales y una era diferente. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos como se muestra en la tabla 3.

Además, se hicieron combinaciones de acuerdo con estas codificaciones para presentarlas a los jueces, se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3. Codificación de las muestras para prueba triangular.

| Muestra | Codificación | |
|---------------------------|--------------|------------|
| Pulque rehidratado | 236 | 974 |
| Pulque natural | 781 | 455 |

(Anzaldúa-Morales, 2005)

Tabla 3.1 Combinaciones de muestras para prueba triangular.

| Muestra diferente | Combinación | | |
|----------------------------|-------------|------------|------------|
| Pulque rehidratado. | 781 | 481 | 236 |
| Pulque rehidratado. | 236 | 455 | 781 |
| Pulque rehidratado. | 455 | 236 | 781 |
| Pulque natural. | 236 | 974 | 781 |
| Pulque natural. | 974 | 781 | 236 |
| Pulque natural | 781 | 974 | 236 |

(Anzaldua-Morales, 2005).

El formato utilizado para las encuestas se presenta en la Figura 3.4 (Anzaldua-Morales, 2005).

Prueba triangular para dos tipos de bebidas.

Nombre: _____

Grupo: _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

Instrucciones.

- Probar las muestras de izquierda a derecha. Dos son idénticas, determinar cuál es diferente.
- Si no observa diferencias proceda al azar.

| | | |
|----------|-----|-----|
| Muestras | | |
| 781 | 455 | 236 |

La muestra diferente es: _____

COMENTARIOS.

¡MUCHAS GRACIAS!

Figura 3.4. Formato de encuesta para prueba triangular (Anzaldua-Morales, 2005).

3.8.1.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia significativa entre las formulaciones, con un nivel de confianza del 99% de acuerdo con lo establecido por (Anzaldúa-Morales, 2005).

Capítulo 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diseño experimental de superficie de respuesta

En la Tabla 4. Se muestran las condiciones de secado de las 15 formulaciones con las diferentes variables combinadas de acuerdo con el diseño de superficie respuesta obtenido por el programa de Statgraphics.

Tabla 4. Variables de las condiciones de secado

| Tratamiento | % Maltodextrina | Temperatura (°C) | Días de fermentación |
|-------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 1 | 20% | 110°C | 5 |
| 2 | 20% | 120°C | 0 |
| 3 | 25% | 120°C | 5 |
| 4 | 20% | 120°C | 10 |
| 5 | 20% | 100°C | 0 |
| 6 | 25% | 110°C | 0 |
| 7 | 15% | 110°C | 0 |
| 8 | 20% | 110°C | 5 |
| 9 | 25% | 110°C | 10 |
| 10 | 15% | 100°C | 5 |
| 11 | 15% | 110°C | 10 |
| 12 | 20% | 100°C | 10 |
| 13 | 25% | 100°C | 5 |
| 14 | 15% | 120°C | 5 |
| 15 | 20% | 110° C | 5 |

4.2 Proceso de secado

En la Figura 4. Se observa el pulque deshidratado después de pasarlo al secador por aspersion, mediante el aspersor Spry Dryer (ADL311S) marca YAMATO. Posicionando manualmente la temperatura de entrada con la que se requería trabajar de acuerdo con el diseño experimental.



Figura 4. Muestra de pulque deshidratado

4.3 Proceso de pulque reconstituido

En la figura 4.1 Se observa el pulque reconstituido para ser utilizado y determinar los análisis fisicoquímicos y sensoriales.



Figura 4.1 Muestra de pulque reconstituido

4.4 Resultados fisicoquímicos del pulque reconstituido

Las variables de respuestas durante el proceso de secado por aspersión del pulque reconstituido fueron: Diferencia de color, acidez, pH, viscosidad, apariencia y sabor. Se buscaron los puntos óptimos del proceso de secado por aspersión del pulque y se evaluaron las variables de temperatura, porcentaje de maltodextrina y días de fermentación.

En la **tabla 4.1** se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de las formulaciones de pulque, para poder realizar los análisis antes mencionados se reconstituyó la muestra, usando 22 g de pulque rehidratado con 100 ml de agua purificada.

Tabla 4.1 Resultados de los análisis fisicoquímicos del pulque reconstituido

| Formulaciones | pH | % Acidez | Viscosidad (cps) |
|---------------|------|-------------|---------------------|
| 1 | 3.95 | 0.45 | 2.63 |
| 2 | 3.74 | 0.41 | 2.36 |
| 3 | 3.71 | 0.42 | 2.6 |
| 4 | 3.74 | 0.41 | 2.36 |
| 5 | 3.80 | 0.45 | 2.1 |
| 6 | 3.81 | 0.42 | 2.86 |
| 7 | 3.78 | 0.43 | 2.6 |
| 8 | 3.95 | 0.45 | 2.63 |
| 9 | 3.97 | 0.44 | 2.06 |
| 10 | 3.76 | 0.46 | 2.73 |
| 11 | 3.73 | 0.4 | 1.76 |
| 12 | 3.72 | 0.43 | 2.1 |
| 13 | 3.77 | 0.41 | 2.53 |
| 14 | 3.78 | 0.43 | 2.46 |
| 15 | 3.95 | 0.45 | 2.63 |

4.4.1 Determinación de pH

Conforme a los resultados de las mediciones de pH que se muestran en la **tabla 4.1** tras las pruebas realizadas a los quince tratamientos de pulque reconstituido se obtuvo un resultado con un valor mínimo de 3.7 y un máximo de 3.9.

De acuerdo con lo establecido por la norma **NMX-V-037-1972. PULQUE MANEJADO A GRANEL.**

Establece que el pH se encuentra entre un valor mínimo de 3.5 y un máximo de 4.0, por lo que se determinó que los resultados obtenidos de pH en esta investigación son aceptables ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma.

4.4.2 Determinación de viscosidad

No se encontró algún artículo o norma para basarme en la comparación de la viscosidad del pulque rehidratado, debido a que este producto elaborado en esta investigación es innovador. Por lo cual se realizó la determinación de viscosidad del pulque fresco, dándome como resultado un valor de 1.30 centipoise (cps).

Conforme al artículo de caracterización fisicoquímica del aguamiel publicado por (Medina et al., 2018). Menciona los resultados de viscosidad del pulque es de 1.30 a 1.34 centipoise (cps), lo cual el resultado obtenido en esta investigación se encuentra dentro del parámetro establecido.

De acuerdo con (Samaniego-Duarte, 2015) la medición de viscosidad del alimento (salsa Ketchup) se obtuvo un valor de 1 840 centipoise (cps), por lo cual no hubo comparación con la viscosidad del pulque, debido a que es un alimento mucho más viscoso.

4.4.3 Determinación de acidez titulable

En base a los resultados obtenidos de las mediciones de la prueba de acidez realizada a los quince tratamientos de pulque reconstituido me dieron como resultado un valor mínimo de 0.4% a un valor máximo de 0.46%.

Acorde con lo establecido por la norma **NMX-V-037-1972. PULQUE MANEJADO A GRANEL.**

Nos indica que el porcentaje de acidez se encuentra entre un valor mínimo de 0.40% y un máximo de 0.75%, por lo que se determinó que los resultados obtenidos al realizar dicho análisis mediante las formulaciones son aceptables ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma, indicándonos que cumple con el estándar aceptable.

4.4.4 Determinación de color y análisis de varianza

El color es una característica importante para evaluar un producto, en especial con los alimentos esto debido a que está directamente ligada a su relación con el sabor y el aroma de los productos, por ello es importante evaluarlo, ya que representa la primera impresión del consumidor para aceptarlo, comprarlo y posteriormente consumirlo.

En la **Tabla 4.2** Se muestran los resultados de los valores del parámetro L^* , a^* y b^* , para cada una de las formulaciones realizadas.

Tabla 4.2 Parámetros del análisis de color aplicado a cada formulación

| Formulaciones | L* | a* | b* |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 54.64 | 1.73 | 7.21 |
| 2 | 52.37 | 1.54 | 7.47 |
| 3 | 50.21 | 1.37 | 6.27 |
| 4 | 52.37 | 1.54 | 7.47 |
| 5 | 59.65 | 1.39 | 7.77 |
| 6 | 62.61 | 0.50 | 4.13 |
| 7 | 54.30 | 1.60 | 5.6 |
| 8 | 54.64 | 1.73 | 7.21 |
| 9 | 59.62 | 1.74 | 7.94 |
| 10 | 57.41 | 2.19 | 7.14 |
| 11 | 58.96 | 1.45 | 7.09 |
| 12 | 59.47 | 1.13 | 8.40 |
| 13 | 55.74 | 1.68 | 7.32 |
| 14 | 52.01 | 1.53 | 7.85 |
| 15 | 54.64 | 1.73 | 7.21 |

Con base en los resultados reflejados de la respuesta de las diferentes formulaciones, los valores del índice de luminosidad y claridad del valor L^* cabe mencionar que, a mayor concentración de maltodextrina, existe mayor reflectancia de la luz, debido a que la coloración blanquecina tiende a aumentar como es el caso de T6 y T9.

Por otro lado, y en cuanto al matiz o índice longitudinal de onda, el valor a^* de la lectura, son resultados positivos, es decir que tiende más hacia el color rosa que al verde, el valor más alto fue el T10 ya que este tratamiento representa mayor cantidad de maltodextrina.

En relación con el valor b^* todas las muestras obtuvieron valores positivos, exhibiendo cercanía en su tonalidad de color amarillo, el valor más alto fue el T12 ya que este tratamiento representa mayor cantidad de maltodextrina.

Cabe mencionar que no hay mucha diferencia de acuerdo con los resultados obtenidos del pulque reconstituido.

De acuerdo con lo reportado por (Núñez-Galindo, 2016) Se realizó una comparación con el análisis de color del pulque natural donde se obtuvieron los siguientes datos, como se muestra en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Análisis de determinación de color en pulque natural

| Muestra | L^* | a^* | b^* |
|----------------|-------|-------|-------|
| Pulque natural | 62.63 | 1.57 | 7.24 |

(Núñez-Galindo, 2016)

Comparando estos resultados con los obtenidos en la determinación del pulque reconstituido se observó que la luminosidad L^* de la formulación 6 es similar a la del pulque natural con un valor de 62.61, y la colorimetría a^* de la formulación 2 y 4

es también similar con un valor de 1.54 y para la colorimetría b* se acercó la formulación 1, 8 y 15 con un valor de 7.21 por lo cual estos resultados están dentro del rango.

Para observar si hay cambio significativo entre el color de las muestras se realizó un análisis estadístico ANNOVA, con el 95% de confianza y poder determinar si hay diferencia significativa.

Tabla 4.4 Análisis de varianza para Luminosidad L*

| ¹ Fuente | Suma de Cuadrados | ² GI | Cuadrado Medio | ³ Razón-F | ⁴ Valor-P |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| A:% | | | | | |
| Maltodextrina | 3.78125 | 1 | 3.78125 | 0.82 | 0.4059 |
| B:Temp | 66.3552 | 1 | 66.3552 | 14.44 | 0.0126 |
| C:Días de Ferm | 1.7672 | 1 | 1.7672 | 0.38 | 0.5623 |
| AA | 4.87954 | 1 | 4.87954 | 1.06 | 0.3500 |
| AB | 0.004225 | 1 | 0.004225 | 0.00 | 0.9770 |
| AC | 14.6306 | 1 | 14.6306 | 3.18 | 0.1344 |
| BB | 5.23234 | 1 | 5.23234 | 1.14 | 0.3347 |
| BC | 1.50063 | 1 | 1.50063 | 0.33 | 0.5924 |
| CC | 54.4335 | 1 | 54.4335 | 11.85 | 0.0184 |
| Error total | 22.9756 | 5 | 4.59511 | | |
| Total (corr.) | 177.091 | 14 | | | |

¹ Tratamientos de muestras de Pulque deshidratado.

² Grados de libertad.

³ F: Valor de F calculada

⁴ P: Probabilidad

En la **tabla 4.4** se observa que cuando se analiza el factor B (Temperatura) y la combinación del factor C y C (Días de fermentación), hay una diferencia significativa ya que son valores menores de -P (0.05) con el nivel de confianza del 95%. Es decir que la luminosidad L* es similar en casi todos los factores, a excepción de los anteriores.

Tabla 4.5 Análisis de varianza para colorimetría a*

| ¹ Fuente | Suma de Cuadrados | ² GI | Cuadrado Medio | ³ Razón-F | ⁴ Valor-P |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| A:% | | | | | |
| Maltodextrina | 0.2738 | 1 | 0.2738 | 2.43 | 0.1801 |
| B:Temp | 0.00605 | 1 | 0.00605 | 0.05 | 0.8261 |
| C:Días de Ferm | 0.13005 | 1 | 0.13005 | 1.15 | 0.3322 |
| AA | 0.00907756 | 1 | 0.00907756 | 0.08 | 0.7881 |
| AB | 0.030625 | 1 | 0.030625 | 0.27 | 0.6247 |
| AC | 0.483025 | 1 | 0.483025 | 4.28 | 0.0934 |
| BB | 0.0210006 | 1 | 0.0210006 | 0.19 | 0.6842 |
| BC | 0.050625 | 1 | 0.050625 | 0.45 | 0.5328 |
| CC | 0.320416 | 1 | 0.320416 | 2.84 | 0.1529 |
| Error total | 0.564517 | 5 | 0.112903 | | |
| Total (corr.) | 1.89913 | 14 | | | |

¹ Tratamientos de muestras de Pulque deshidratado.

² Grados de libertad.

³ F: Valor de F calculada

⁴ P: Probabilidad

Para el análisis de varianza del factor de cromaticidad a* (Rosa-Verde). Se muestra en la **tabla 4.5** que 0 efectos tienen un valor -P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 4.6 Análisis de varianza para colorimetría b*

| ¹ Fuente | Suma de Cuadrados | ² GI | Cuadrado Medio | ³ Razón-F | ⁴ Valor-P |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| A:% | | | | | |
| Maltodextrina | 0.51005 | 1 | 0.51005 | 0.77 | 0.4212 |
| B:Temp | 0.418613 | 1 | 0.418613 | 0.63 | 0.4635 |
| C:Días de Ferm | 4.01861 | 1 | 4.01861 | 6.04 | 0.0573 |
| AA | 2.58723 | 1 | 2.58723 | 3.89 | 0.1056 |
| AB | 0.7744 | 1 | 0.7744 | 1.16 | 0.3298 |
| AC | 1.3456 | 1 | 1.3456 | 2.02 | 0.2141 |
| BB | 1.73463 | 1 | 1.73463 | 2.61 | 0.1672 |
| BC | 0.198025 | 1 | 0.198025 | 0.30 | 0.6087 |
| CC | 0.268339 | 1 | 0.268339 | 0.40 | 0.5532 |
| Error total | 3.32454 | 5 | 0.664908 | | |
| Total (corr.) | 15.5152 | 14 | | | |

¹ Tratamientos de muestras de Pulque deshidratado.

² Grados de libertad.

³ F: Valor de F calculada

⁴ P: Probabilidad

Para el análisis de varianza del factor de cromaticidad b* (Amarillo-Azul). Se muestra en la **tabla 4.6** que 0 efectos tienen un valor -P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

De acuerdo con el análisis de varianza de color se concluye que no hay diferencia significativa en el color de las 15 formulaciones con el 95% de confianza para el análisis realizado con los resultados de Luminosidad y cromaticidad a* y b*, es decir, que de acuerdo con el diagrama de Hunter las muestras son de color blanco con tonalidades rosadas y amarillentas.

4.5 Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial se realizó la prueba hedónica verbal de 9 puntos empleada para las 15 formulaciones diferentes en las cuales se evaluó el atributo de Apariencia y sabor. Los resultados fueron expresados con el promedio de las calificaciones asignadas por los 30 jueces.

En la figura 4.2 se muestran los resultados de las calificaciones asignadas por los jueces para el atributo de apariencia y sabor en el pulque reconstituido. La mayor calificación referente a la apariencia la obtuvo la formulación 3 y en cuestión del sabor la obtuvo la formulación 9 y formulación 11, es decir, que fueron las preferidas por los panelistas.

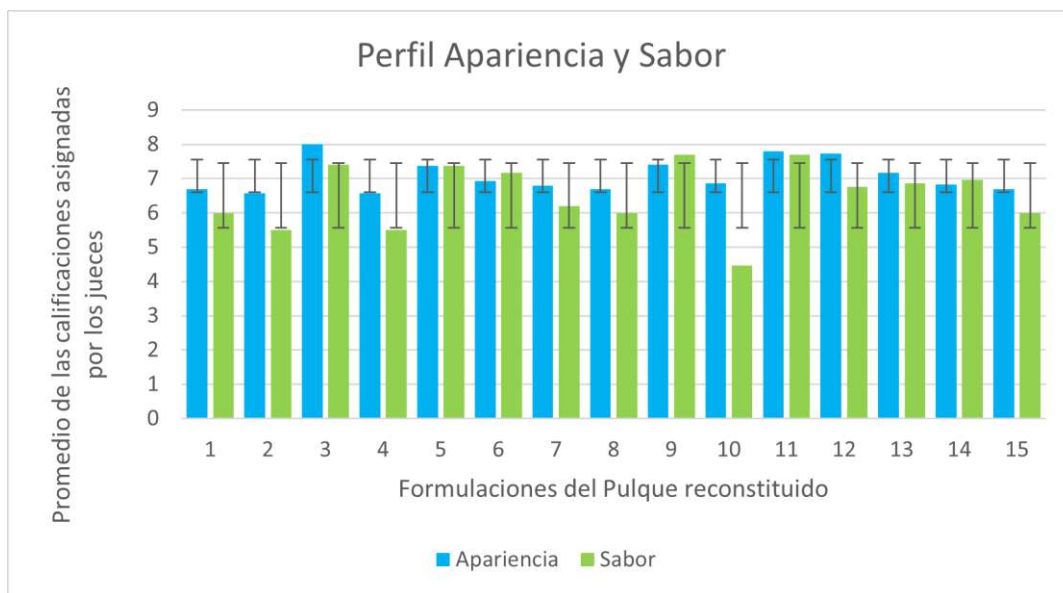


Figura 4.2. Calificación asignada por los jueces para la apariencia y el sabor

4.6 Análisis estadístico

Para conocer si existe diferencias estadísticamente significativas en las formulaciones del pulque reconstituido se realizó un análisis de varianza ANOVA evaluando los atributos de apariencia y sabor.

Tabla 4.7 Análisis de varianza para el atributo de apariencia

| ¹ Fuente | Suma de Cuadrados | ² Gl | Cuadrado Medio | ³ Razón-F | ⁴ Valor-P |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| A:% | | | | | |
| Maltodextrina | 0.18 | 1 | 0.18 | 0.61 | 0.4713 |
| B:Temp | 0.170139 | 1 | 0.170139 | 0.57 | 0.4831 |
| C:Días de Ferm | 0.420139 | 1 | 0.420139 | 1.42 | 0.2875 |
| AA | 0.441603 | 1 | 0.441603 | 1.49 | 0.2769 |
| AB | 0.187778 | 1 | 0.187778 | 0.63 | 0.4624 |
| AC | 0.07111111 | 1 | 0.07111111 | 0.24 | 0.6452 |
| BB | 0.107756 | 1 | 0.107756 | 0.36 | 0.5730 |
| BC | 0.0336111 | 1 | 0.0336111 | 0.11 | 0.7501 |
| CC | 0.129808 | 1 | 0.129808 | 0.44 | 0.5376 |
| Error total | 1.48361 | 5 | 0.296722 | | |
| Total (corr.) | 3.14993 | 14 | | | |

¹ Tratamientos de muestras de Pulque deshidratado.

² Grados de libertad.

³ F: Valor de F calculada

⁴ P: Probabilidad

En la **tabla 4.7** se observa el análisis de varianza del atributo de la apariencia donde 0 efectos tienen un valor -P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 4.8 Análisis de varianza para el atributo de sabor

| ¹ Fuente | Suma de Cuadrados | ² Gl | Cuadrado Medio | ³ Razón-F | ⁴ Valor-P |
|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| A:% | | | | | |
| Maltodextrina | 1.805 | 1 | 1.805 | 1.49 | 0.2766 |
| B:Temp | 0.00125 | 1 | 0.00125 | 0.00 | 0.9756 |
| C:Días de Ferm | 0.256806 | 1 | 0.256806 | 0.21 | 0.6645 |
| AA | 1.64103 | 1 | 1.64103 | 1.35 | 0.2969 |
| AB | 0.966944 | 1 | 0.966944 | 0.80 | 0.4125 |
| AC | 0.233611 | 1 | 0.233611 | 0.19 | 0.6789 |
| BB | 0.215641 | 1 | 0.215641 | 0.18 | 0.6906 |
| BC | 0.09 | 1 | 0.09 | 0.07 | 0.7961 |
| CC | 1.01769 | 1 | 1.01769 | 0.84 | 0.4014 |
| Error total | 6.05583 | 5 | 1.21117 | | |
| Total (corr.) | 12.2827 | 14 | | | |

¹ Tratamientos de muestras de Pulque deshidratado.

² Grados de libertad.

³ F: Valor de F calculada

⁴ P: Probabilidad

En la **tabla 4.8** se observa el análisis de varianza del atributo del sabor donde 0 efectos tienen un valor -P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

De acuerdo con el análisis de varianza de apariencia y sabor se concluye que no hay diferencia significativa en estos atributos de las 15 formulaciones con el 95% de confianza para el análisis realizado, puesto que el valor -P es mayor que 5.0% por lo cual no hay indicación de autocorrelación.

4.7 Determinar mediante un análisis discriminativo para ver si existen diferencias entre una bebida fermentada tipo pulque rehidratado y una bebida de pulque natural

4.7.1 Prueba triangular

El análisis discriminativo se llevó a cabo mediante una prueba triangular empleada para las 15 formulaciones, la cual fue aplicada a 30 jueces, de los cuales oscilaron entre 16 y 17 respuestas correctas, debido que 17 jueces identificaron la muestra que era diferente, y 16 jueces no lograron identificarla, la mayoría de las personas acertó en la combinación donde la muestra diferente era pulque natural. En la figura 4.3. Se observa la representación de las respuestas obtenidas mediante la prueba triangular

En la figura 4.4. Se muestra un ejemplo de una encuesta contestada que se llevó a cabo para esta prueba.

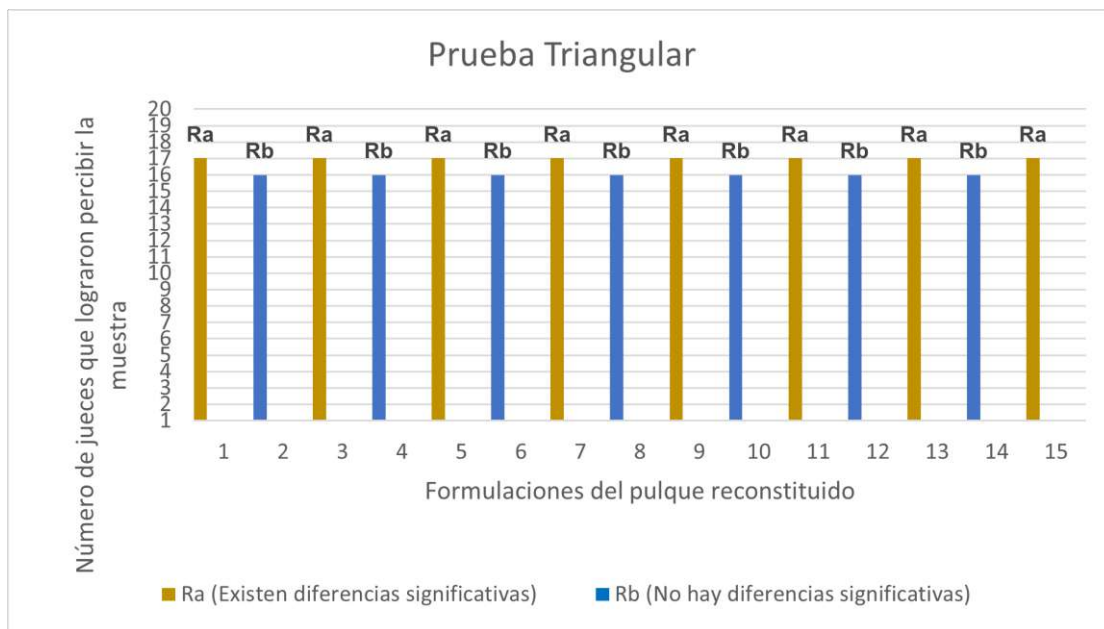


Figura 4.3. Representación de las respuestas obtenidas mediante la prueba triangular

Prueba triangular para dos tipos de bebidas.

Nombre: Diana Ledesma Chávez 12
 Grupo: 9A Edad: 22 Fecha: 23/06/23

Instrucciones.

- Probar las muestras de izquierda a derecha. Dos son idénticas, determinar cuál es diferente.
- Si no observa diferencias proceda al azar.

Muestras

781 455 236

La muestra diferente es: 455

COMENTARIOS.

Tiene un sabor más agradable

Figura 4.4. Formato de encuesta triangular contestado por parte de un juez, la cual nos indica que la respuesta obtenida es correcta ya que se presentan las muestras que corresponden al pulque reconstituido y la muestra diferente es la que corresponde al pulque natural

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias de la muestra de pulque natural y el pulque reconstituido, se realizó un análisis de varianza ANNOVA con las siguientes hipótesis:

Ho No hay diferencias significativas entre el pulque rehidratado y el pulque natural

H1 Existe diferencia significativa entre el pulque rehidratado y el pulque natural

Cabe mencionar que no hubo una diferencia significativa entre las 16 personas que no lograron percibir la diferencia, mientras que si hubo diferencia significativa entre las 17 personas que lograron identificar la muestra diferente, con un nivel de confianza del 99%.

Para este tipo de prueba (Anzaldúa-Morales, 2005) menciona que son utilizadas en el análisis sensorial para evaluar la sensibilidad de los panelistas para participar en pruebas sensoriales. Por otro lado (Hernández-Alarcon, 2005). Menciona que, aunque es una prueba sencilla y de fácil interpretación está sometida a muchas tendencias, sesgos, predisposiciones y prejuicios, por lo que se recomienda aplicar también otro tipo de pruebas.

4.8 Superficie de respuesta en relación entre los niveles de porcentaje de maltodextrina, temperatura y días de fermentación.

La optimización numérica dentro del Software Statgraphics Centurion XVI determinó las condiciones óptimas de la composición más adecuada para fijar cual es el mejor modelo con las mejores condiciones para tener un producto balanceado.

En la figura 4.5. Se muestra la superficie de respuesta estimada para los valores de pH respectivamente, obteniéndose una red tridimensional donde se observa una simulación de posibles resultados de la combinación de experimentos con las 3 variables establecidas: Días de fermentación, Porcentaje de maltodextrina y Temperatura, teniendo como punto de partida los resultados obtenidos en los 15 tratamientos que se realizan de manera práctica.

En la figura 4.6. Se observan los resultados de los efectos principales del análisis fisicoquímico de la determinación de pH en el pulque reconstituido. Donde el valor óptimo de la variable de pH es de 3.95, con una concentración del 20% de maltodextrina, a una temperatura de 110°C, y 5 días de fermentación.

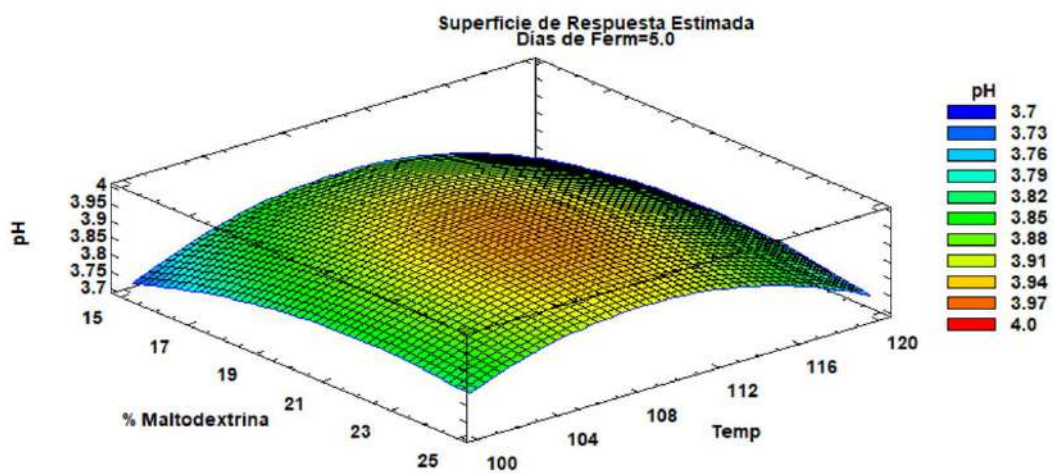


Figura 4.5. Superficie de respuesta estimada para el efecto del análisis fisicoquímico de pH en el pulque reconstituido.

En la figura 4.6. Se observa que cuando aumenta el porcentaje de maltodextrina su pH aumenta hasta alcanzar su punto óptimo de 3.95, con una temperatura de 110°C y en cuanto a días de fermentación es de 5 días aproximadamente.

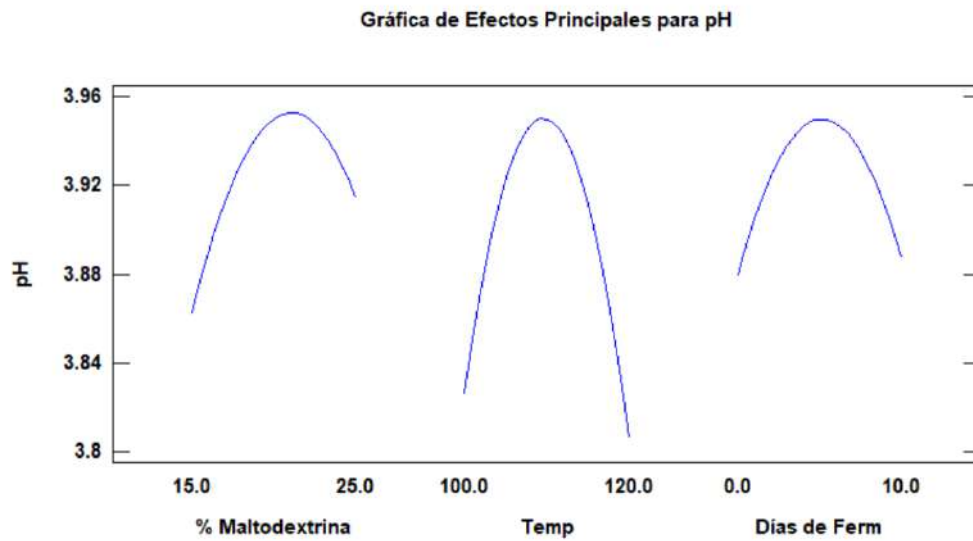


Figura 4.6. Gráfica de los efectos principales de pH en la determinación del pulque reconstituido

En la figura 4.7. Se observan los resultados de los efectos principales del análisis reológico de la determinación de viscosidad en el pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 2.7, con una composición del 25% de maltodextrina, a una temperatura de 118°C y con 0 días de fermentación.

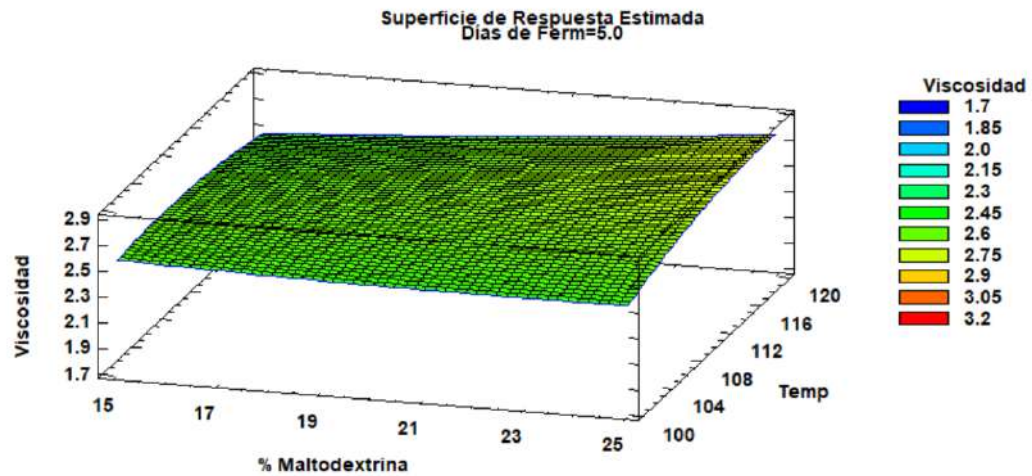


Figura 4.7. Superficie de respuesta estimada para la determinación de viscosidad del pulque reconstituido.

En la figura 4.8. Se observa que cuando aumenta el porcentaje de maltodextrina también aumenta la viscosidad, sucede lo mismo con el comportamiento para la variable de temperatura, hasta llegar a su temperatura óptima que es de 120°C y al llegar a 0 días de fermentación decrece la curva.

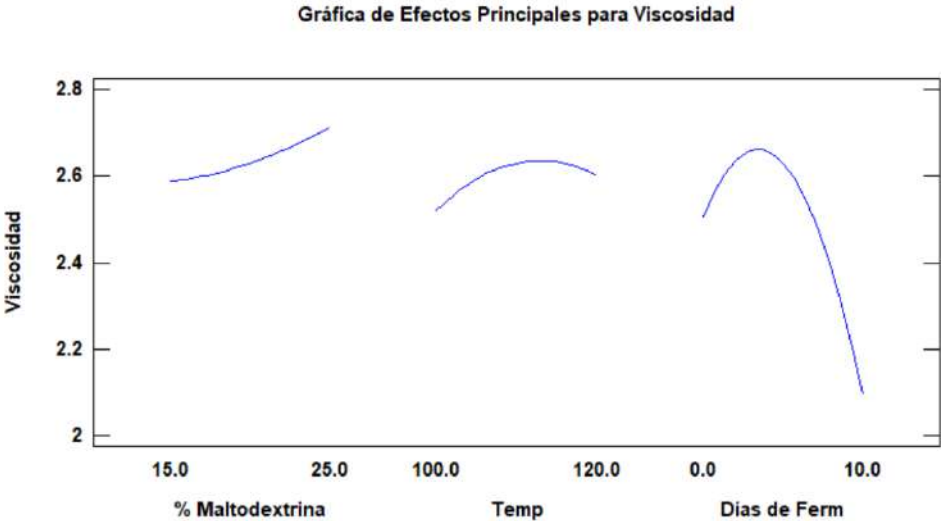


Figura 4.8. Gráfica de los efectos principales de la determinación de la viscosidad del pulque reconstituido

En la figura 4.9. Se observan los resultados de los efectos principales del análisis fisicoquímico de la determinación de acidez en el pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 0.46, con una composición del 15% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 0 días de fermentación.

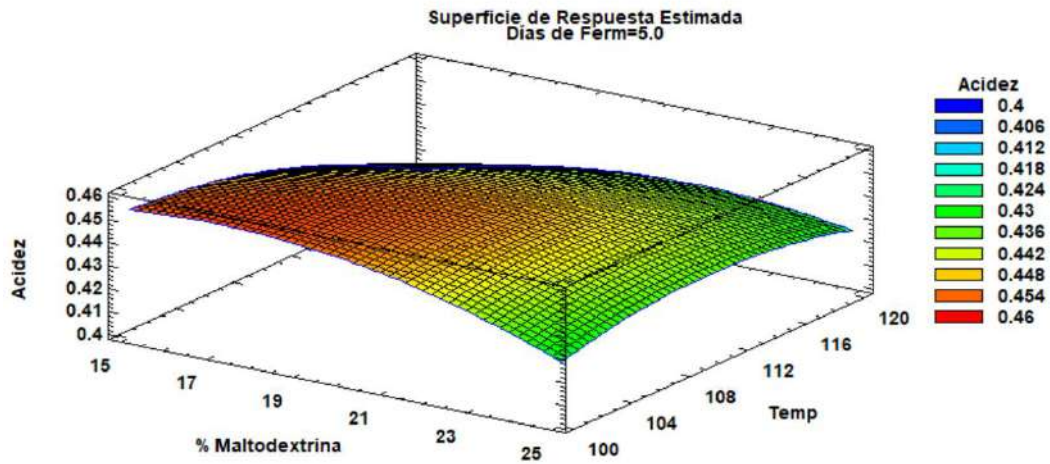


Figura 4.9. Superficie de respuesta estimada para la determinación de acidez del pulque reconstituido.

En la figura 4.10. Se observa que cuando se llega a su punto óptimo de 0.46, aumenta el porcentaje de maltodextrina por lo cual su acidez disminuye, a una mayor temperatura también disminuye su acidez, y al aumentar los días de fermentación también disminuye la acidez del pulque.

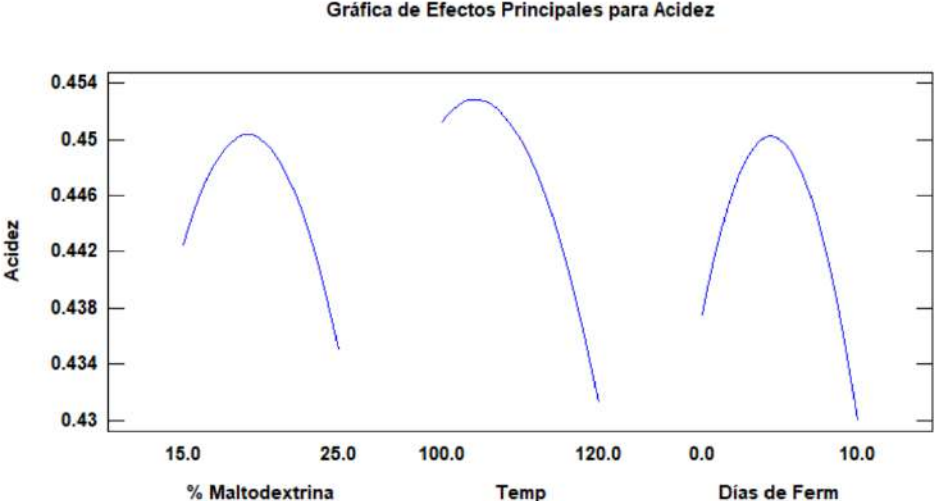


Figura 4.10. Gráfica de los efectos principales para la acidez del pulque reconstituido

En la figura 4.11. Se observan los resultados de los efectos principales del análisis sensorial del atributo de apariencia en el pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 8.05, con una composición del 15% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 10 días de fermentación.

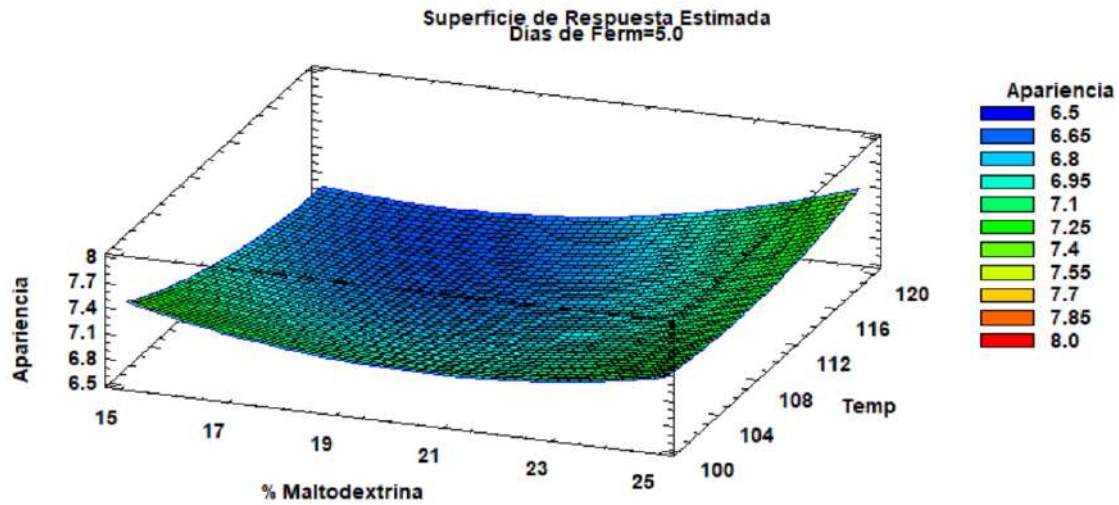


Figura 4.11. Superficie de respuesta estimada para el atributo de apariencia mediante la prueba hedónica de 9 puntos

En la figura 4.12. Se observa que a mayor concentración de maltodextrina tiene una mejor apariencia, respecto a la variable de temperatura su comportamiento es lo contrario al comportamiento de la variable de concentración de maltodextrina y entre más días de fermentación se tiene una mejor apariencia.

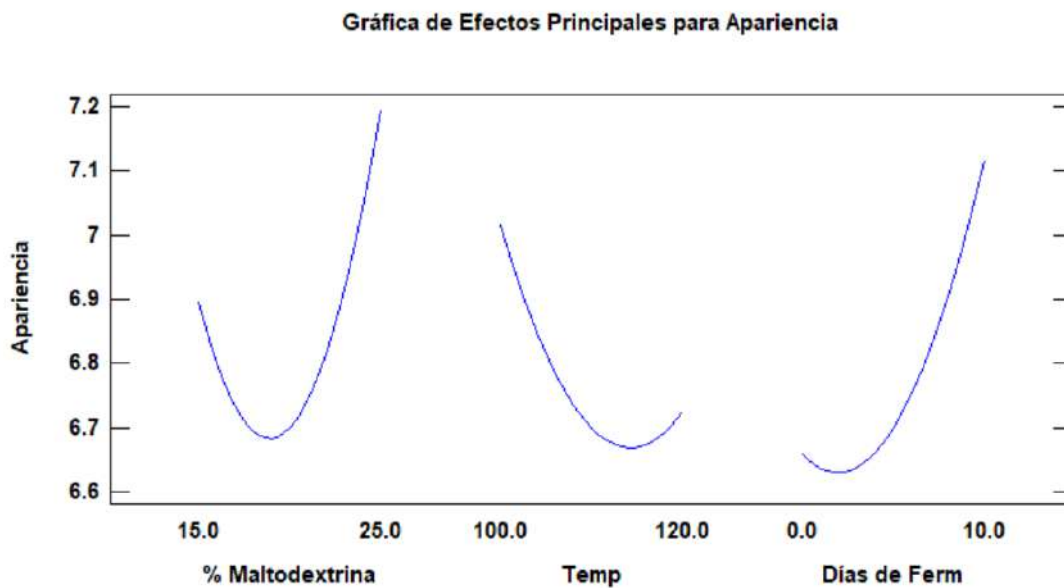


Figura 4.12. Gráfica de los efectos principales para el atributo de apariencia del pulque reconstituido

En la figura 4.13. Se observan los resultados de los efectos principales del análisis sensorial del atributo del sabor del pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 8.13, con una composición del 25% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 5 días de fermentación.

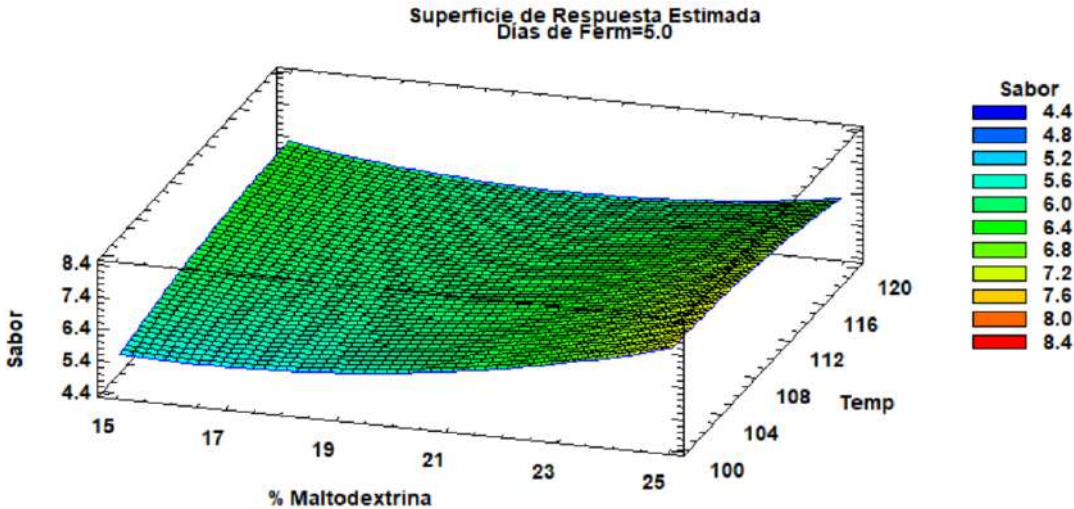


Figura 4.13. Superficie de respuesta estimada para el atributo del sabor del pulque reconstituido

En la figura 4.14. Se observa que entre mayor sea el porcentaje de maltodextrina, la bebida tiene un mejor sabor, con una temperatura de 100° C y finalmente entre más días de fermentación se obtiene un mejor sabor.

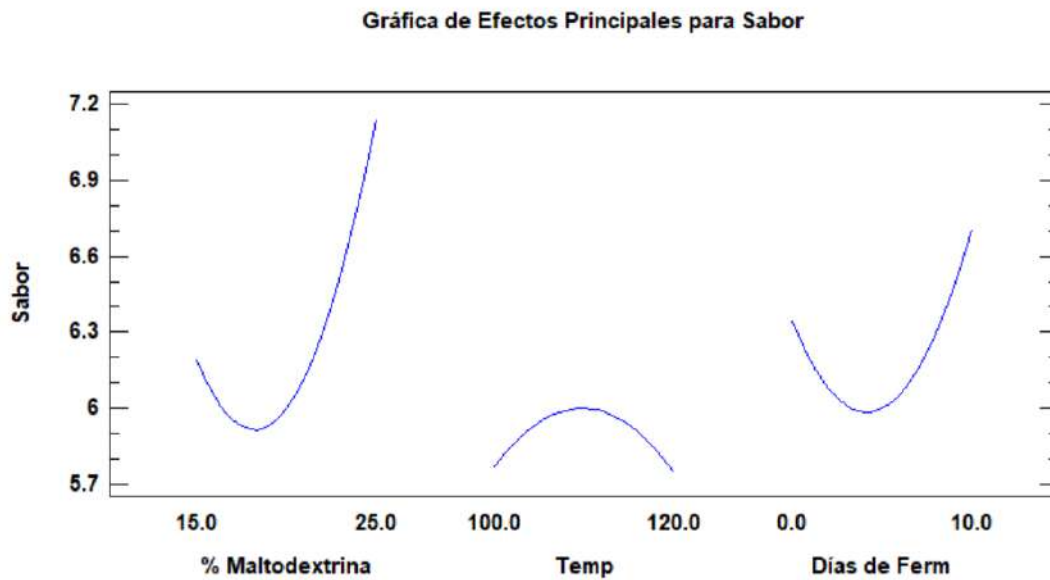


Figura 4.14. Gráfica de los efectos principales para el atributo del sabor del pulque reconstituido

En la figura 4.15. Se observan los resultados de los efectos del análisis del color en cuanto el parámetro de luminosidad L^* del pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 62.86, con una composición del 25% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 0 días de fermentación.

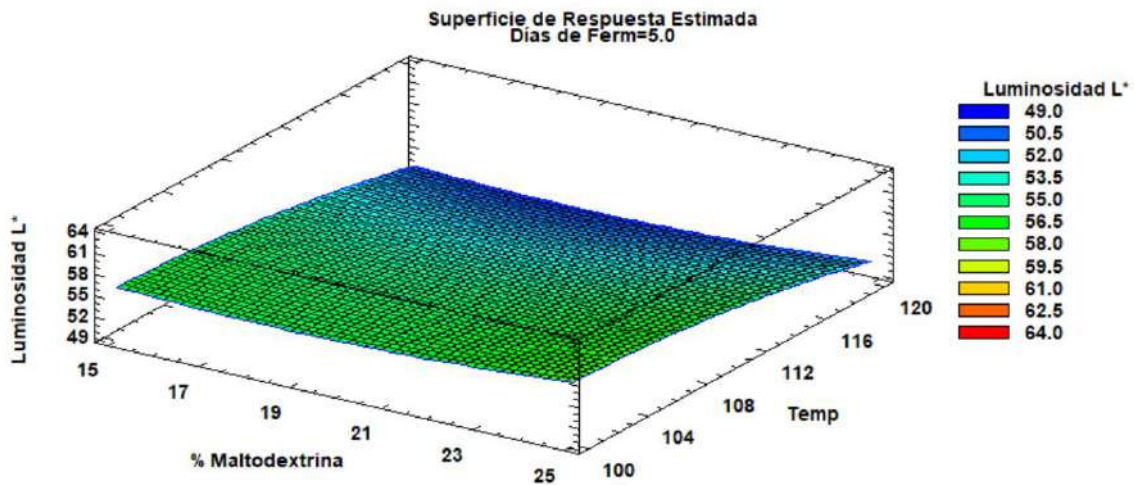


Figura 4.15. Superficie de respuesta estimada para el parámetro de luminosidad L^* del pulque reconstituido

En la figura 4.16. Se observa que con el aumento de maltodextrina tiene una mayor luminosidad, y con respecto a la temperatura, a menor temperatura es menor su luminosidad y entre menos días de fermentación su luminosidad es mayor.

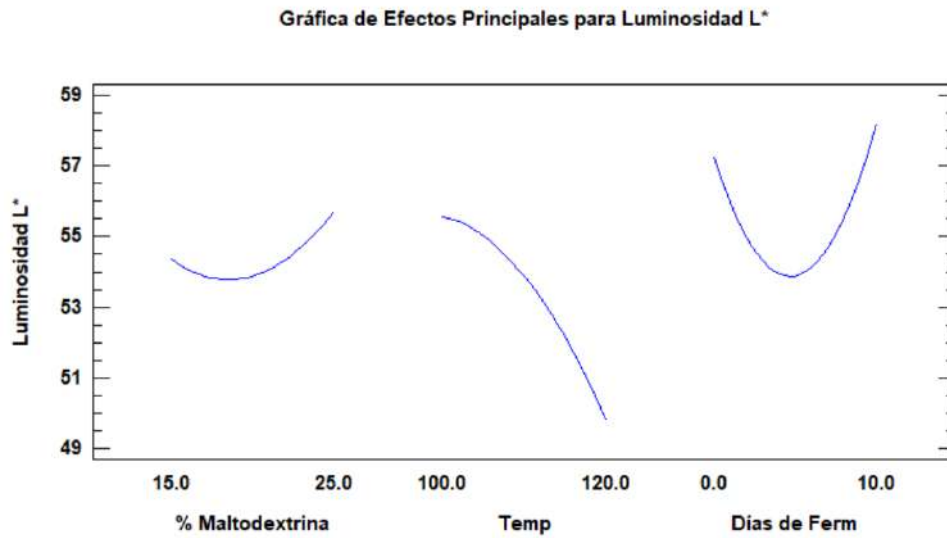


Figura 4.16. Gráfica de los efectos principales para la luminosidad L* del pulque reconstituido

En la figura 4.17. Se muestran los resultados de los efectos del análisis del color en cuanto la colorimetría a* del pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 2.08, con una composición del 15% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 0 días de fermentación.

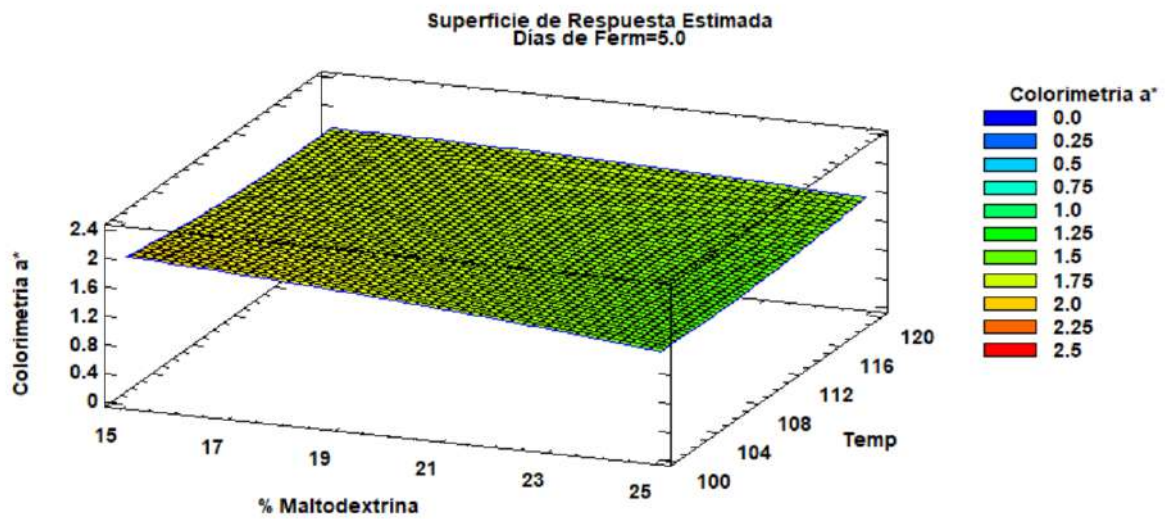


Figura 4.17. Superficie de respuesta estimada en el parámetro de colorimetría a*

En la figura 4.18. Se observa que a menor concentración de maltodextrina obtiene una menor colorimetría y con una temperatura baja la colorimetría aumenta y cuando llega a su punto óptimo de días de fermentación decrece la colorimetría.

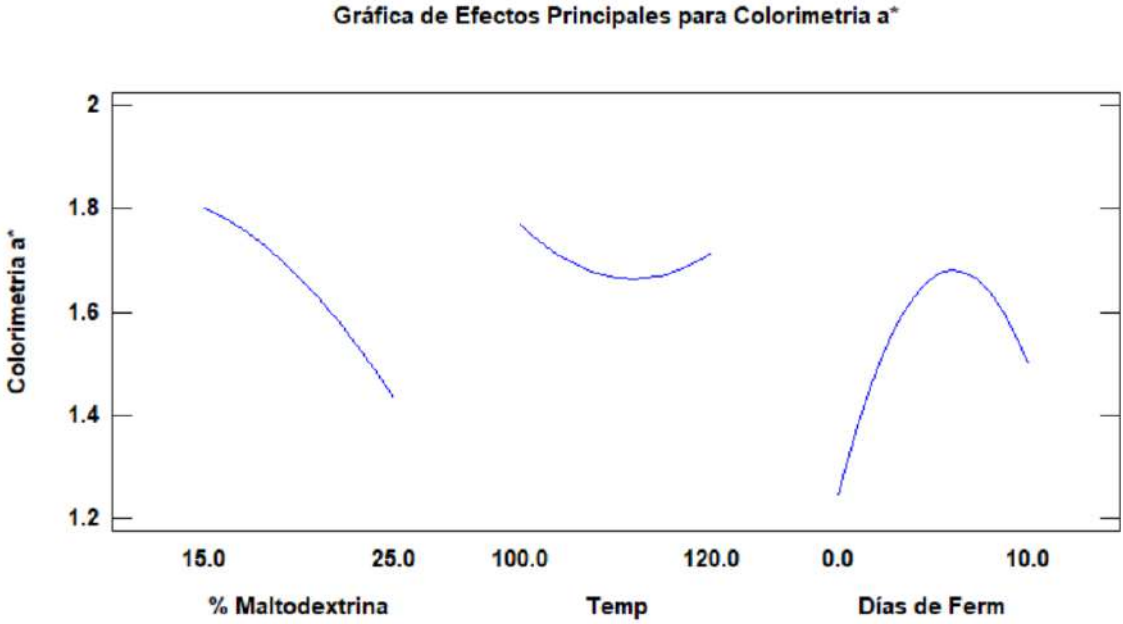


Figura 4.18. Gráfica de los efectos principales del parámetro de la colorimetría a*

En la figura 4.19. Se observan los resultados de los efectos del análisis del color en cuanto la colorimetría b* del pulque reconstituido.

Para esta variable el valor óptimo fue de 9.04, con una composición de 22% de maltodextrina, a una temperatura de 100°C y con 10 días de fermentación.

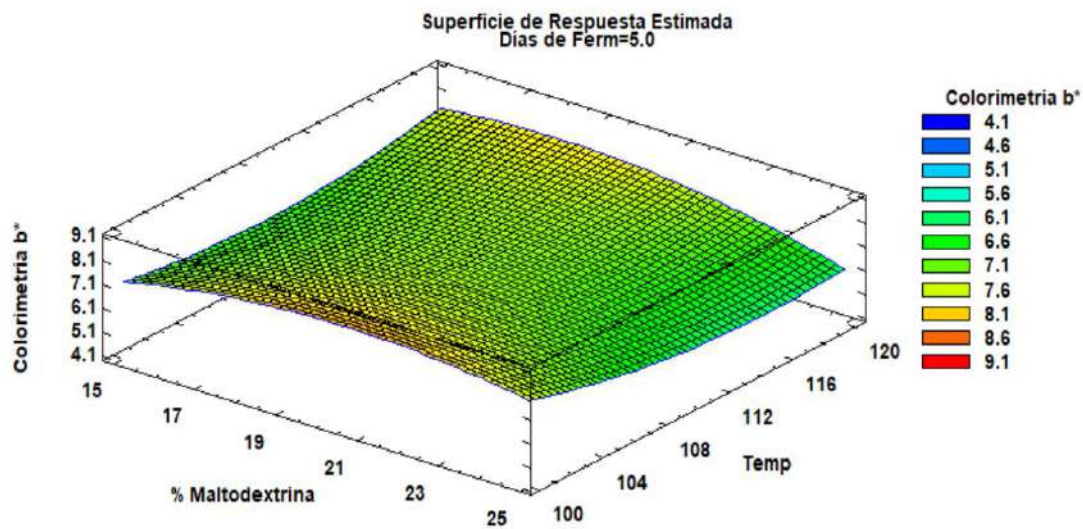


Figura 4.19. Superficie de respuesta estimada para el parámetro de colorimetría b*

En la figura 4.20. Se observa que entre mayor cantidad de maltodextrina tiene una mayor colorimetría, y a menor temperatura la colorimetría aumenta y cuando aumentan los días de fermentación aumenta la colorimetría.

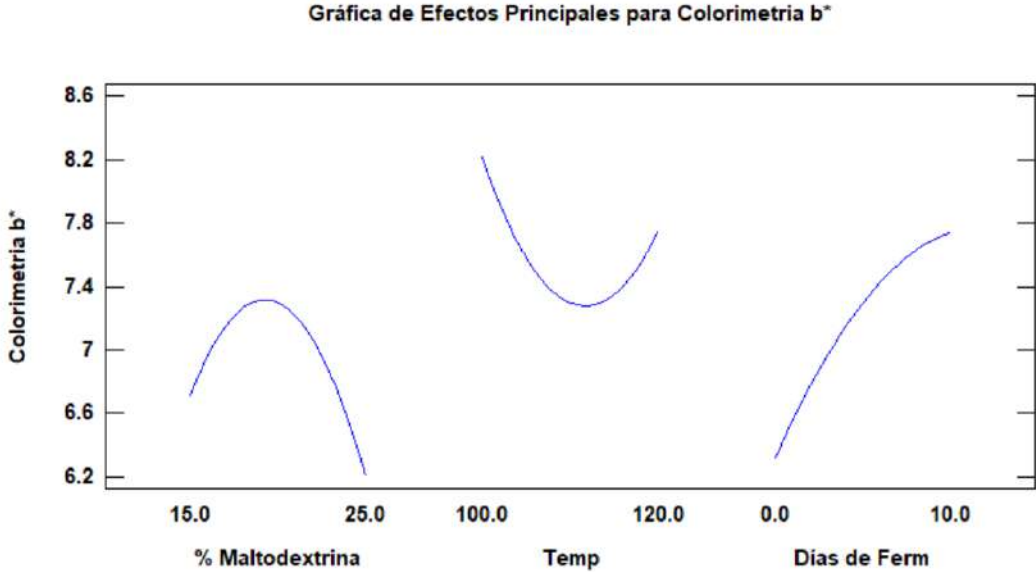


Figura 4.20. Grafica de los efectos principales para colorimetría b*

4.9 Superficie respuesta de la deseabilidad de los análisis fisicoquímicos

En la figura 4.21. Se observa la superficie de respuesta estimada para los valores de la deseabilidad respectivamente, en la gráfica se obtuvo una red tridimensional donde se observa una simulación de posibles resultados de la combinación de experimentos con las 3 variables establecidas: Días de fermentación, Porcentaje de maltodextrina y Temperatura, teniendo como punto de partida los resultados obtenidos en los 15 tratamientos que realice de manera práctica.

Como se puede apreciar en la figura 4.21. Se observan las respuestas estimadas para obtener las condiciones ideales para obtener el pulque rehidratado, evaluando sabor, apariencia, viscosidad y luminosidad L*.

El valor óptimo de deseabilidad es de 0.75, obtenido de una temperatura de 110°C, con 25% de maltodextrina y 0 días de fermentación.

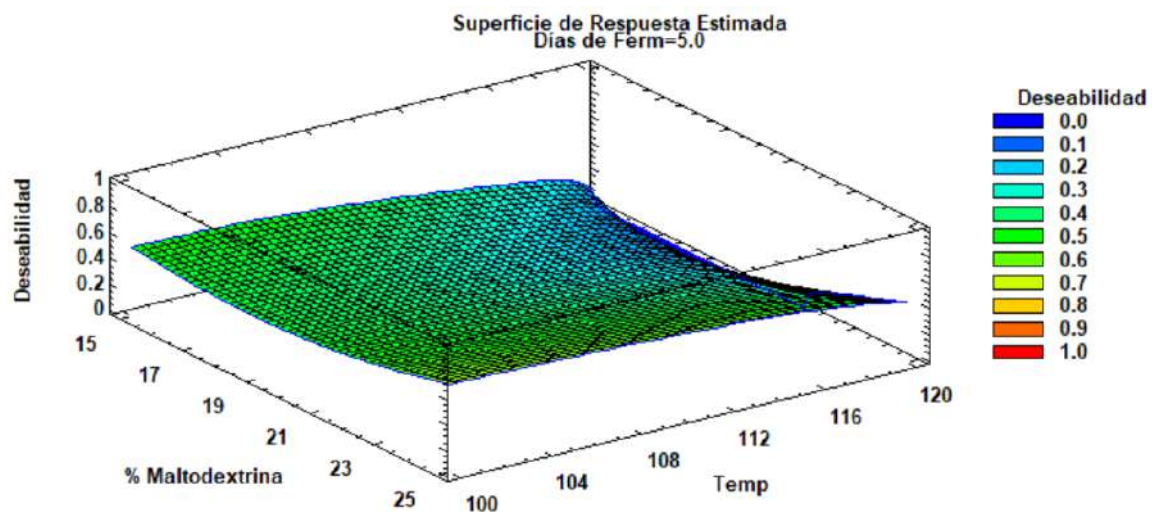


Figura 4.21. Superficie de respuesta de la deseabilidad de los análisis fisicoquímicos

4.9.1 Muestra óptima

La **tabla 4.9** se observa la combinación de factores para una muestra óptima de pulque deshidratado:

Tabla 4.9 Combinación de factores para muestra óptima

| Muestra óptima | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------------------|
| | | | ¹ 0.755624 |
| Factor | Bajo | Alto | Óptimo |
| % Maltodextrina | 15% | 25% | 25 |
| Temperatura | 100°C | 120°C | 110.439 |
| Días de Fermentación | 0 | 10 | 3.81722E-8 |

¹ valor óptimo

Conforme a los resultados de la deseabilidad mediante la superficie de respuesta obtenidos en STATGRAPHICS, se observó las condiciones más viables y su punto óptimo que es de 0.75, con 25% de maltodextrina, ser sometida a un proceso de secado con una temperatura de 110 °C y 0 días de fermentación.

Comparando estos valores con las 15 formulaciones, los datos de la formulación 6 son los mismos que menciona la tabla de la combinación de factores para la muestra óptima, por lo cual sería la más adecuada para tener un alimento balanceado.

Capítulo 5
CONCLUSIONES

En el presente trabajo se logró determinar las condiciones óptimas de secado para caracterizar de manera sensorial y fisicoquímica de una bebida tipo pulque deshidratado. Posteriormente se realizó el secado por aspersion de las 15 formulaciones generadas por el diseño experimental de superficie respuesta del software de Statgraphics, obteniendo una muestra de polvo fino color blanco.

Se realizaron los análisis fisicoquímicos a las diferentes formulaciones. De los cuales los resultados fueron favorables respecto a parámetros sugeridos por distintos autores y normas con relación al pulque. Al igual que las propiedades reológicas de viscosidad de las diferentes formulaciones del pulque reconstituido.

De acuerdo con los resultados encontrados en el análisis de superficie de respuesta la deseabilidad óptima de los factores que se evaluaron fue para observar las mejores condiciones de procesamiento y el punto óptimo de la muestra, lo cual el programa de Statgraphics nos indicó que se debe crear una muestra con 25% de maltodextrina, ser sometida a un proceso de secado con una temperatura de 110 °C y con 0 días de fermentación.

También se realizó un análisis estadístico de color el cual sirvió para ver si había cambios significativos en el color de las muestras procesadas ya que a simple vista esto no podía ser observado, por lo que se concluye que, los parámetros de los días de fermentación, el porcentaje de maltodextrina y la temperatura de secado no afectaron significativamente el color del pulque con un nivel de confianza del 95%.

Finalmente se realizaron evaluaciones sensoriales para determinar la aceptación de las formulaciones del pulque mediante el atributo de apariencia y el sabor. La mayor calificación referente a la apariencia la obtuvo la formulación 3 y en cuestión del sabor la obtuvo la formulación 9 y 11, es decir, que fueron las preferidas por los panelistas

Capítulo 6

REFERENCIAS

- Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M., & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, 205-222.
- Álvarez-Ríos, G. D., Figueredo-Urbina, C. J., & Casas, A. (2020). Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. *Etnobiología*, 3-23.
- Alvídrez et al., (2002). Tendencias en la producción de alimentos: Alimentos funcionales. *Salud Pública y Nutrición*, 1-6.
- Anzaldúa-Morales. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. En A. Anzaldúa Morales, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* (pág. 191). México: Acribia.
- Benavidades-Polo, U. (18 de Mayo de 2022). *Universidad Autónoma de Puebla*. Obtenido de Universidad Autónoma de Puebla: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/17882/20221011113734-3006-TL.pdf?sequence=1>
- Cagigas-Reig, A. L. (2002). Prebióticos y Probióticos, una relación beneficiosa. *Cubana*, 1-6.
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. M. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersion. *Colombiana*, 1-21.
- Castillo-Barón, L. V. (2016). Probióticos y Prebióticos como alimentos funcionales en nutrición animal. *Zoociencia*, 15-21.
- Cerero-Calvo, C., Sánchez-Medina, M. A., Pérez Santiago, A. D., Matías-Pérez, D., & García-Montalvo, I. A. (2022). Probióticos presentes en bebidas fermentadas mexicanas. *Biológica*, 1-13.
- Cervantes-Contreras, M. (2017). El pulque: Características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman. *Cubana*, 1-12.

Chasquibol et al.,(2003). Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. *Peruana*, 9-20.

Corona-Pérez, A. C. (12 de Noviembre de 2021). *Universidad Autónoma Chapingo*. Obtenido de Universidad Autónoma Chapingo: https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/11119/mccta_cpac-21.pdf?sequence=2

Cruzado, M., & Cedrón, J. C. (2012). Nutracéuticos, alimentos funcionales y su producción. *Química PUCP*, 1-4.

García-Vilchis. (12 de Febrero de 2013). *UNIVA*. Obtenido de UNIVA: https://www.yakult.mx/sec_pdf/86326-sec-pdf-146.pdf

Gastélum-Franco, M. G. (2009). Difference tests in the sensorial analysis of food. *Tecnociencia*, 1-7.

Genevois et al.,(2007). Functional foods: Fiber, Prebiotics, Probiotics and Simbiotics. *Buenos Aires*, 20-33.

Guillermo Quinde , J. I., & Macías Matamoros, A. F. (22 de Marzo de 2018). *Facultad de Ciencias Químicas*. Obtenido de Facultad de Ciencias Químicas: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5603/1/TESIS.pdf>

Gülçin, İ. (2010). Innovative Food Science and Emerging Technologies. *Elsevier*, 1-9.

Hernández-Alarcon, E. (23 de Mayo de 2005). *Universidad Nacional Abierta y a distancia*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a distancia: https://www.academia.edu/download/53534739/767925145.4902Evaluacion_sensorial.PDF

Hernández-Bravo, R. (23 de Noviembre de 2015). *Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25562/Hern%C3%A1ndez%20Bravo%20Rodrigo.pdf?sequence=1>

- Hernández-Cruz, V. (Mayo de 2022). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO*. Obtenido de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/113196/2022.Viridiana.Agave2.pdf?sequence=1>
- Kumar-Anal. (2007). Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial
- Liria-Domínguez, M. R. (08 de Febrero de 2008). *Instituto de Investigación Nutricional*. Obtenido de Instituto de Investigación Nutricional:
<https://www.academia.edu/download/61102947/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos20191102-104797-1le28kv.pdf>
- López et al., 2011 (14 de Diciembre de 2011). *Pulque Fermentation*. Obtenido de Pulque Fermentation: https://www.researchgate.net/profile/Agustin-Lopez-Munguia/publication/229429324_Pulque_Fermentation/links/5473e6f80cf29afed60f5cc0/Pulque-Fermentation.pdf
- Magaña Benítez, W. (2018). Evaluación Sensorial De Alimentos. *Mérida*, 09-13.
- Medina-Mendoza, C., Roldán-Cruz, E. I., & Vázquez-Jahuey, M. (2023). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del aguamiel y pulque del alto mezquital, Hidalgo. *Etnobiología*, 1-15.
- Ramírez-Murillo, L. (10 de Noviembre de 2014). *Centro Universitario Autónoma De Puebla*. Obtenido de Centro Universitario Autónoma De Puebla:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=195fb26da2c4867461c9ff1b40430927abc54d23>
- Nevárez et al., (2009). Difference tests in the sensorial analysis of food. *Tecnociencia*, 1-7.
- Núñez-Galindo, Y. (22 de Enero de 2016). *División de estudios de posgrado e investigación*. Obtenido de División de estudios de posgrado e investigación:

http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/323/Yesenia_N%C3%BA%C3%B1ez_Galindo.pdf?sequence=1

Olvera et al., (2013). El rol de la investigación pulquera. *Pulquimia*, 1-48.

Ormaza et al., (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Colombiana*, 1-21.

Ortiz-Mateos, L. M. (23 de Mayo de 2022). *Centro Universitario De Querétaro*. Obtenido de Centro Universitario De Querétaro: <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3706/1/RI006729.pdf>

Palafox-González, L. (16 de Junio de 2017). *Institución De Enseñanzas E Investigación En Ciencias Agrícolas*. Obtenido de Institución De Enseñanzas E Investigación En Ciencias Agrícolas: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3799/Palafox_Gonzalez_L_MT_Agroindustria_2017.pdf?sequence=1

Pedroza-Rodríguez, A. M. (2007). El pulque: Características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman. *Orinoquia*, 1-12.

Pérez et al.,2022 (25 de Enero de 2022). *División De Estudios De Posgrado e Investigación*. Obtenido de División De Estudios De Posgrado e Investigación: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8532772.pdf>

Puerta-Q, G. I. (22 de Septiembre de 1985). *Federación Nacional De Cafeteros De Colombia*. Obtenido de Federación Nacional De Cafeteros De Colombia: <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/1058/1/Evaluaci%C3%B3n%20sensorial%20panel.pdf>

Ramírez-Yáñez, A. L. (2014). Comercialización de una nueva bebida probiótica de agave entre la población urbana y la población rural. Mexico. *Europea*, 1-17.

Ramírez-Higuera, A. (13 de Enero de 2010). *Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10612/212.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez-Yáñez et al., 2014 (12 de Noviembre de 2014). *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México*. Obtenido de Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=195fb26da2c4867461c9ff1b40430927abc54d23>

Ramírez Viscarra, C., Pérez Zabaleta, A., & Portanda Condori, C. A. (2006). Alimentos funcionales: Prebióticos y probióticos, una nueva alternativa para la salud. *Ciencia Médica*, 1-5.

Roberfroid, M. B. (2006). Functional foods, a new feeding alternative. *Orinoquia*, 1-8.

Rocha-Sanabria, M. (31 de Mayo de 2009). *Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23713/Rocha%20Sanabria%20Mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Roldán-Cruz, E. I., & Vázquez-Jahuey, M. (2022). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del aguamiel y pulque del alto mezquital, Hidalgo. *Europea*, 1-15.

Rutiaga et al, 2. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos. *Liberoamericana*, 180-192.

Salazar-Ramos, R. (26 de Julio de 2005). *Facultad De Ciencias Basicas E Ingeniería*. Obtenido de Facultad De Ciencias Basicas E Ingeniería: https://www.academia.edu/download/53534739/767925145.4902Evaluacion_sensorial.PDF

Samaniego-Duarte. (18 de Junio de 2015). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: <https://core.ac.uk/download/pdf/35291525.pdf>

- Sedó-Mesias, P. (2001). Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico-nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Costarricense*, 34-39.
- Sepulveda-Saenz, L. F. (16 de Enero de 2020). *Universidad Autónoma De Chihuahua*. Obtenido de Universidad Autónoma De Chihuahua: <http://repositorio.uach.mx/395/1/Efecto%20estacional%20sobre%20el%20microbioma%20del%20pulque.pdf>
- Valadez-Montes. (2014). "Clean Pulque" / "Dirty Pulque": Disputes about Legitimacy and the Social Production of Value. *Colombiana*, 41-63.
- Valenzuela B, A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., & Morales I, G. (2014). Alimentos funcionales y nutraceuticos. *Chile*, 1-7.
- Vera-Enríquez, H. C. (17 de Junio de 2008). *Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14592/HAYDEE%20VERA%20INFORME%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera-Peña, M. Y. (23 de Marzo de 2012). *Universidad Nacional De Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional De Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11125/37393350.2012.pdf?sequence=1>
- Villegas, L. A., & Salazar, A. M. (23 de mayo de 2007). *CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL PULQUE*. Obtenido de *CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL PULQUE*: <https://www.redalyc.org/pdf/411/41150804.pdf>

