Revista de
Ingeniería en Industrias Alimentarias

ARTÍCULO TECNOLÓGICO

DISEÑO TEÓRICO DE UNA PLANTA ALIMENTARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE JARABE DE AGAVE SABOR ARÁNDANO

Omar Isai Cruz León[1], Cristian Cerritos Rodriguez[1], Erika Ramos Ojeda[1] y Laura Isabel Pérez García[2]*

Resumen

El jarabe de agave es producido por hidrólisis de los fructanos almacenados en la planta de maguey. Este endulzante se ha popularizado por su capacidad probiótica e índice glucémico bajo respecto a otros jarabes y mieles naturales; el sabor proveniente del arándano contiene propiedades antioxidantes. Por lo que, el diseño de una planta productora requiere de distintos factores indispensables para su diseño como son los servicios necesarios para que la empresa funcione adecuadamente, aspectos geográficos, económicos, normativos y sobre todo aquellos relacionados con inocuidad alimentaria. Se desarrolló un diagrama conceptual con las operaciones unitarias implicadas en el proceso, además de la aplicación de diferentes métodos para la correcta ubicación de la planta, distribución de proveedores y distribución de los equipos. De acuerdo con los resultados obtenidos, el lugar idóneo para la ubicación de la planta es Guadalajara, Jalisco.

Palabras clave:

Diseño, Hidrolisis, Planta, Proceso.

Abstract

Agave syrup is produced by the hydrolysis of fructans stored in the maguey plant. This sweetener has become popular due to its probiotic capacity and low glycemic index compared to other natural syrups and honeys. The blueberry flavor contains antioxidant properties. Therefore, the design of a production plant requires consideration of various essential factors, such as the services necessary for the company to function properly, geographical, economic, and regulatory aspects, and above all, those related to food safety. A conceptual diagram was developed to identify all the unit operations involved in the process, as well as the application of different methods for the correct plant location, supplier distribution, and equipment allocation. According to the results obtained, the ideal location for the plant is Guadalajara, Jalisco.

Keywords:

Design, Hydrolysis, Plant, Process

[1]Departamento de Ingenierías Tecnológico Nacional de México/I. T. de Roque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto.,38110, México.
[2]Departamento de Ciencias Básicas Tecnológico Nacional de México/I. T. de Roque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto.,38110, México.

Correo de correspondencia: erika.ro@roque.tecnm.mx

1. Introducción

El diseño de una planta productora de jarabe de agave con estándares de calidad es una alternativa ideal para quienes buscan opciones más saludables y naturales para endulzar sus alimentos y bebidas libres de aditivos artificiales. El jarabe de agave es producido por hidrólisis de los fructanos almacenados en la planta de maguey, el cuál estimula el crecimiento de la flora intestinal (probiótico) y ayuda a personas con gastritis, estreñimiento, diabetes o alguna enfermedad degenerativa (Urbina et al., 2024). Los arándanos son pequeñas bayas azules que pertenecen al grupo de frutas conocido como frutos del bosque, presentan un color típicamente azul oscuro y un aroma característico de la fruta, dulce y agradable, y son una excelente alternativa como edulcorante de origen natural y orgánico (Palma et al., 1998). La producción mundial de arándano presentó una variación promedio anual de +0.9% durante 2011-2020, aunque en 2020 tuvo un incremento de 1.0% con respecto a 2019, según FAOSTAT, al pasar de 1,248,899,577 a 1,261,491,785 t, siendo México el 6° mayor productor con 50,293 t, por lo tanto, lo convierte en una materia prima de excelente aprovechamiento como edulcorante natural (Álvarez et al., 2020). Actualmente, la industria de alimentos requiere el diseño de plantas industriales en donde se tenga un procesamiento de esta materia prima para reutilizar los subproductos para generar un nuevo producto en el mercado.

2. Metodología

La elaboración del diagrama conceptual fue el punto inicial del proyecto (Figura 1), el cual consideró siete equipos: horno, molino, filtro-prensa, evaporador, mezclador, y envasadora. Asimismo, los servicios industriales fueron definidos y obtenidos bajo los balances de materia y energía. El consumo energético fue: horno (4.2 kW/h), molino (2.8 kW/h), prensa (1.3 kW/h), evaporador (13.5 kW/h) y envasadora (0.6 kW/h). La importancia de la ubicación de la planta es primordial para disminuir costos y tiempo de distribución del producto, así mismo se deben considerar costos de transporte y algunos factores subjetivos como el nivel económico de la región, inseguridad, mano de obra, clima, etc., se determinó a través del método de Brown-Gibson. En este caso, el sistema consideró las ciudades de Guadalajara, Morelia y Colima. Los parámetros subjetivos provienen de datos aproximados sobre la la percepción, calificación de la ciudad de 0-100%, aplicado a nivel educativo, corrupción, conflictos laborales, economía social y seguridad para las ciudades fueron: Guadalajara (85, 30, 90, 70 y 40), Morelia (70, 35, 75, 55 y 30) y Colima (74, 30, 50, 60 y 28). Adicionalmente, la ubicación de la planta involucró un conjunto de 11 posibles puntos de provisión de materia prima en la zona contenida entre las tres ciudades.

Asimismo, los proveedores quienes garantizan la materia prima para llevar a cabo la producción fueron seleccionados con el método de los centroides. Posteriormente se realizó la distribución de los equipos dentro de la planta por el método de la huella circular. Los radios de huella circular de los equipos a considerar son (m): trituradora (1), cortadora (3), prensa (2.7), llenadora (1.5), autoclave (1.5) y envasadora (3). El costo propuesto de terreno usado es de 12 $/m^2 y de tubería de interconexión de 234 $/m. Finalmente, el diagrama de tubería e instrumentación (P&ID por sus siglas en inglés) fue realizado siguiendo la propuesta por Díaz-Ovalle (2023). Los modelos matemáticos fueron resueltos con MS Excel.

3.Resultados

La planta tiene una producción de aproximadamente 2.5 t/día de jarabe procesado y envasado en botellas de 500 mL. El análisis realizado de costos de operación por día indicó un costo de energía eléctrica de $24,315.94. El costo total de la planta fue de $127,648,551.26, el cual incluyó los equipos, el terreno, los servicios, mano de obra, etc.

La Figura 2 muestra la mejor ubicación de la planta, bajo las consideraciones subjetivas el resultando como mejor opción es la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Una vez definida la ubicación de la planta se realiza la distribución de los equipos de está, considerando el tamaño y características del terreno, empleando el método de la huella circular, en el cual se evaluaron las dimensiones de los equipos para determinar la mejor distribución, disminuyendo riesgo y optimizando espacios, como se muestra en la Figura 3.

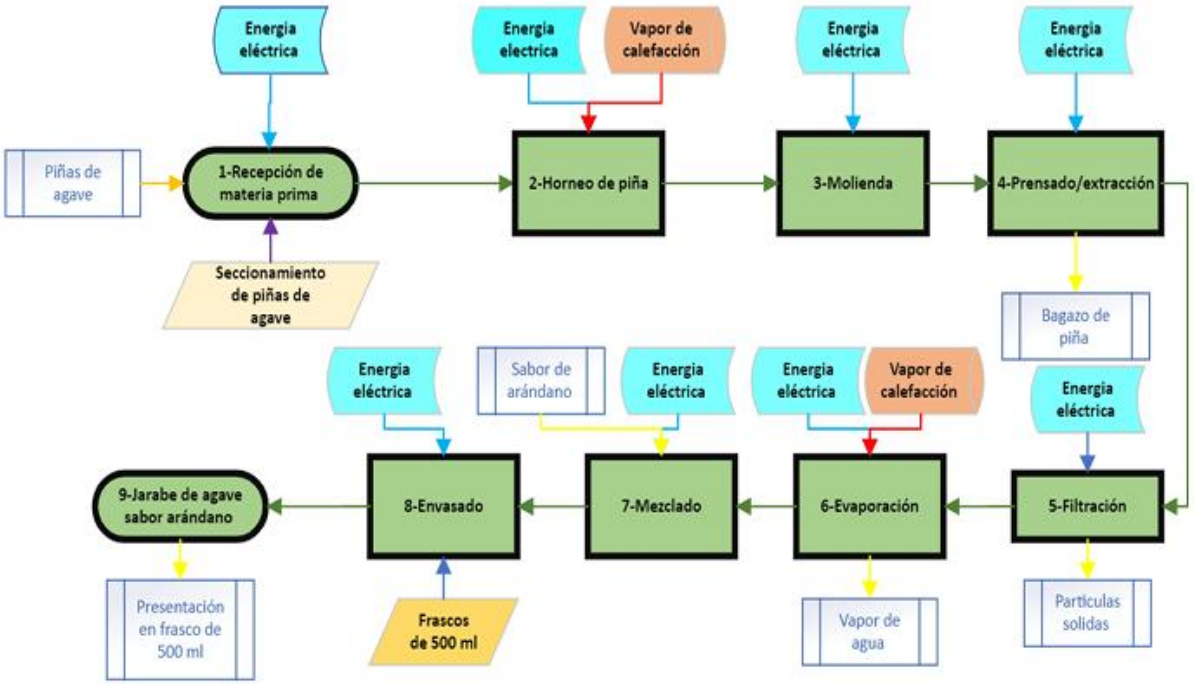

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso.

De acuerdo con la Figura 2, se observa la mejor ubicación de la planta, resultando como mejor opción la ciudad de Guadalajara, Jalisco, en donde se consideraron factores subjetivos para una ubicación óptima.

Una vez definida la ubicación de la planta se realiza la distribución de los equipos de está, considerando el tamaño y características del terreno, empleando el método de la huella circular, en el cual se evaluaron las dimensiones de los equipos para determinar la mejor distribución, disminuyendo riesgo y optimizando espacios, como se muestra en la Figura 3. El área para instalación óptima fueron 72.3 m^2 con una interconexión de 105 m con un valor mínimo de 385,612 $ MXN.

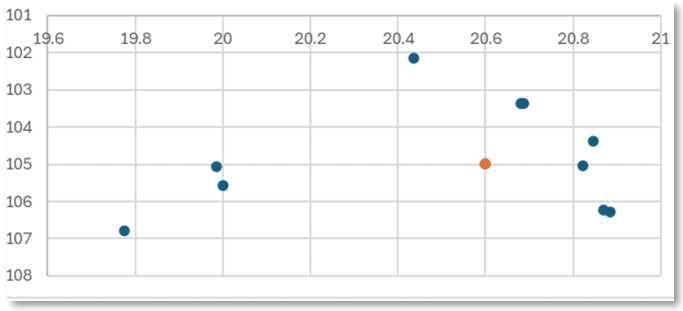

Figura 2. Localización de la planta bajo distancias en km.

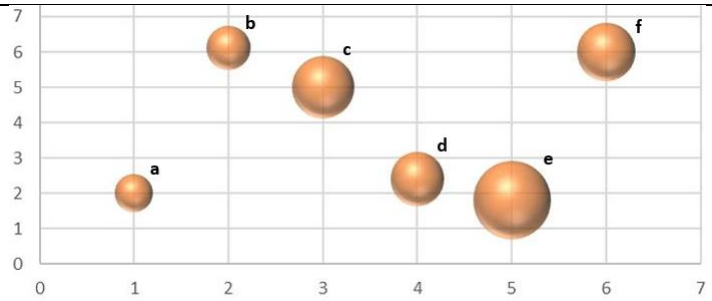

Figura 3. Ubicación de equipos en planta bajo coordenadas en distancia de m.

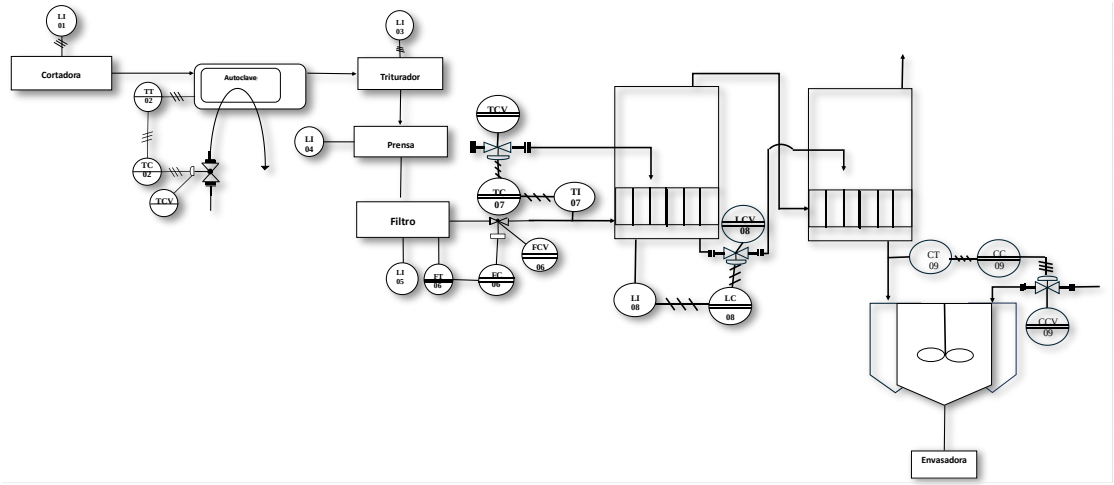

Figura 4 Diagrama P&ID

En la Figura 4 se tiene el diagrama de instrumentación y tubería (P&ID) el cual muestra los sistemas de instrumentación y control de las líneas de procesos, sin embargo, no incluye condiciones de operación, flujos, posiciones y rutas de las tuberías, con el cual se asegura un control del proceso.

4. Conclusiones

Tomando de referencia los resultados obtenidos por los diferentes métodos aplicados, la ubicación idónea de la empresa fue la ciudad de Guadalajara, ya que es primordial para asegurar el éxito de la planta en el mercado. Los factores subjetivos considerados fueron educación, corrupción y desarrollo económico. Además, la ubicación planteada demuestra ser una de las ubicaciones con menor impacto en cuanto a costos de transporte por parte de proveedores y distribución. Proyectando la planta a una expansión o nuevas ubicaciones, ya que actualmente se busca la elaboración de productos saludables. De acuerdo con el análisis de costos, se determinó recuperar la inversión aproximadamente en 7 años, por lo que se considera una empresa rentable ya que la depreciación de equipos no es de un impacto mayor.

Referencias

Álvarez-Ríos, G.D., Pacheco-Torres, F., Figueredo-Urbina, C.J., & Casas, A. (2020). Management, morphological and genetic diversity of domesticated agaves in Michoacán, México. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 16(1), 1-17. DOI: 10.1186/S13002-020-0353 9/FIGURES/6

Díaz-Ovalle, C.O. (2023). Diseño de plantas alimentarias. Celaya, Gto. TecNM/I.T. de Roque.

Palma Álvarez, A., Cassiano, G., & Villa Kamel, A. (1998). La explotación del maguey en zona de Metztitlán. Dimensión Antropológica.

Urbina, C.J.F., Cervantes, O.A., & Ovando, A.C. (2024). Agaves utilizados en la extracción de savia para la producción de jarabe. Polibotánica, 58. DOI:10.18387/polibotanica.58.19.