

DOI: <https://doi.org/10.46296/iq.v5i10.0064>

CINÉTICA DE FERMENTACIÓN ACÉTICA UTILIZANDO *ACETOBACTER ACETI* COMO AGENTE BIOLÓGICO

ACETIC FERMENTATION KINETICS USING *ACETOBACTER ACETI* AS A BIOLOGICAL AGENT

Córdova-García Melissa Jamilet^{1*}; Solórzano-Cevallos Jennifer Monserrate¹; Moreira-Mendoza Carlos Antonio¹; Latorre-Castro Gisela Beatriz¹

¹Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

*Correo: mcordova7389@utm.edu.ec

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es determinar la cinética a través de la fermentación acética utilizando *Acetobacter Aceti* como agente biológico para la producción de vinagre de sidra de manzana. Se utilizaron aproximadamente (10 kg) de manzana a la que se añadió agua al (80 y 90%) del peso de la fruta. Obteniendo un rendimiento de (5.96%) para la biomasa en fermentación acética y (60.85%) en la producción principal de ácido acético, la cual se considera adecuada, ya que favorece al rendimiento del ácido acético y no precisamente a la elaboración de la biomasa, diferenciándose en este caso de la fermentación alcohólica en solo 0.3% y en el caso de la fermentación acética en 2,4% con respecto a las entradas y salidas, respectivamente. Con los resultados que se obtuvieron, se determinó que el proceso fue eficiente debido al alto porcentaje alcanzado para la producción de ácido acético, producto de interés en este estudio. En la metodología se empleó un tipo de investigación exploratoria, debido a que se indagaron los conocimientos científicos, criterios e intereses de estudios de la cinética del proceso de fermentación acética y experimental ya que se obtendrá la cinética de fermentación acética a partir de la manzana, utilizando como agentes biológicos la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* y *Acetobacter Aceti*, y además de esto complementar con un método estadístico que permitió recopilar, elaborar e interpretar datos numéricos.

Palabras clave: Cinética, biomasa, acético, alcohólico, rendimiento.

Abstract

The main objective of this research work is to determine the kinetics of acetic fermentation using *Acetobacter Aceti* as a biological agent for the production of apple cider vinegar. Approximately (10 kg) apple was used which added water at (80 and 90%) of the weight of the fruit. Obtaining a yield of (5.96%) for biomass in acetic fermentation and (60.85%) for the production principal of acetic acid, which is considered good since it favors the production of acetic acid and not the formation of biomass, differing in the case of alcoholic fermentation by only (0.3%) and in the case of acetic fermentation by (2.4%) with respect to inputs and outputs. With these results obtained, it could be determined that the process was efficient due to the high percentage achieved for the production of acetic acid, a product of interest in this study. In the methodology, the research to be carried out will be exploratory, this is because the scientific knowledge, criteria and interest in studies of the kinetics of the acetic and experimental fermentation process will be investigated since the fermentation kinetics will be obtained. Acetic acid from the apple, using as biological agents the yeast *Saccharomyces Cerevisiae* and *Acetobacter Aceti*, and in addition to this complement with a statistical method that allows collecting, elaborating and interpreting numerical data.

Keywords: Kinetics, biomass, acetic, alcoholic, yield.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 24 de noviembre de 2021.

Fecha de aceptación: 30 de diciembre de 2021.

Fecha de publicación: 11 de julio de 2022.

1. Introducción

En el Ecuador los cultivos de manzana se dan en grandes variedades, por lo que se han ido adaptado al clima y a las condiciones geográficas presentes en las zonas andinas (INIAP, 1997). Las principales áreas en donde se cultiva a la manzana en el país se ubican específicamente en las zonas de altura en la región interandina o sierra (2500 msn), en la cual existen grandes cantidades y diferentes cultivos ya sean de alto o de medio requerimiento con respecto al frío. Dentro de las zonas que la producen se menciona a las provincias de Pichincha, Carchi, Azuay, Imbabura, Tungurahua, Loja entre otras (Díaz, 2010; FAO, 2002).

La fermentación para el ácido acético consiste en un proceso químico que se da generalmente por la intervención de una unión específica de bacterias que pertenecen al grupo principal de *Acetobacter* (Malajovich, 2008; Peppler, 2012). Además, en el mismo proceso, las bacterias nombradas anteriormente hacen su aporte hacia el alcohol etílico logrando oxidarlo y obteniendo como producto final ácido acético

(CH_3COOH) y agua (H_2O) (García & Burgos, 2019).

La realización de este estudio no tendrá impactos negativos para el ambiente, ya que se realizó a escala de laboratorio. Si bien es cierto que en el proceso de fermentación se desprende dióxido de carbono, pero para esto se ha optado por el uso de una trampa de agua, misma que capta el CO_2 producido, evitando que se libere al ambiente.

Aquel proceso brinda una gran importancia desde la perspectiva industrial y el ámbito productivo, gracias a que su producto final tiene diversos usos y aplicaciones en distintas áreas, como la farmacéutica, médica y gastronómica (Kenneth, 2010; Muller, 2011). Además de esto hay que recalcar que las bacterias que realizan el proceso requieren obligatoriamente de la presencia de oxígeno para poder llevarlo a cabo. (Doran, 1998).

En la fermentación acética, los factores que por lo general intervienen son la densidad y la presencia de bacterias, ya sean de cualquier tipo, además de esto, la concentración del alcohol etílico y del ácido acético, la temperatura, la

concentración total o la suma de todas las concentraciones y por último la concentración del oxígeno disuelto (Patiño, 2013).

El ácido acético se encuentra principalmente en estado sólido, formando cristales. Presenta una masa molar de 60.05 g/mol y una densidad de 1.049 g/cm³. Así mismo, con su punto de fusión equivalente a 17 °C, mientras que su punto de ebullición está por los 118 °C (Barahona & Trujillo, 2012).

El vinagre por otra parte, tiene un significado que proviene del latín *vinium* o *acre* que significa "vino agrio", se trata de una bebida que es producto del vino que se compone de frutas mediante una fermentación acética, este vino contiene frutas como naranja, uva, manzana, banano, etc. (ProChile, 2012).

La concentración del ácido acético varía entre (5-6 %), la cual es el resultado principal de una fermentación alcohólica, procedido de una fermentación acética, en la que el alcohol etílico se oxida principalmente mediante una transformación por acción de un agente biológico en la que tendrá

lugar una reacción exotérmica (Barahona & Trujillo, 2012; Suárez et al., 2016).

El presente trabajo de investigación busca describir la cinética del proceso de fermentación acética utilizando la bacteria ya antes mencionada, estableciendo la ecuación estequiometría que se ajuste a esta fermentación y determinando el rendimiento del proceso.

2. Metodología

Para realizar la cinética de fermentación acética a partir de la manzana, utilizando como agentes biológicos la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* y *Acetobacter Aceti*, se utilizó un método estadístico de análisis exploratorio que consiste en un conjunto de técnicas estadísticas, que permiten recolectar, elaborar y analizar datos numéricos y su posterior organización, análisis e interpretación.

Los procesos para llevar a cabo la obtención de ácido acético se presentan a continuación en la figura 1.



Figura 1. Esquema para la obtención de ácido acético.

2.1. Materiales y métodos

En la tabla 1 se observan los materiales, equipos y reactivos, así

como la materia prima procesada en la presente investigación.

Tabla 1.
Materiales, equipos y reactivos utilizados en la experimentación.

Materiales	Materia prima	Equipos	Reactivos
Matraz Erlenmeyer	Manzana	Autoclave	Fosfato de amonio
Pipetas de 10 ml	variedad tipo	Estufa	Levadura
Pastilla agitadora	maduras	Cámara de	<i>Saccharomyces</i>
Balanza	procedentes del	Neubauer	<i>Cerevisiae</i>
Cinta masking	mercado local	pH-metro	<i>Acetobacter Aceti</i>
Papel Aluminio		Equipo refrigerante	Agua destilada
Cinta masking		Refractómetro	
Piola de hilo			
Papel kraft			
Balón de aforo			
Placa calefactora			
Termómetro			
Colador			

2.2. Procedimiento Experimental

Para la obtención de la cinética de la fermentación acética se preparó vinagre de manzana. Los ensayos se hicieron por triplicado, es decir se realizaron 6 medios de cultivo de los cuales 3 se utilizaron para la fermentación alcohólica y los otros 3 seguirán con la fermentación hasta que se logre la producción de vinagre. El procedimiento ejecutado tiene lugar a la técnica de fermentación sumergida, misma que tiene su base en los trabajos realizados por Erazo et al. (2001). Las etapas descritas en dicho trabajo se exponen a continuación.

2.2.1. Preparación de la materia prima

El experimento comienza con la elección y limpieza de las frutas, con aproximadamente 10 kg de capacidad. Las manzanas pasaron por un proceso de reducción de tamaño en el que se establece la división de la semilla y cáscaras como pulpa, obteniendo partículas entre 0.1 y 1.3 cm², luego se procede a licuar agregando agua en relación del 80 a 90 % del peso de la fruta, hasta obtener un producto líquido.

2.2.2. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica se desarrolló en un matraz Erlenmeyer de capacidad de 1 L. Se agregaron 800 ml de la materia prima preparada. Se ajustó el pH a 4 con una solución al 5% de ácido sulfúrico. Se agregaron 0.5 g de fosfato de amonio por kg de sustrato y se adicionó levadura *Saccharomyces Cerevisiae* equivalente al 5% del volumen total de fermentación, cerrándose herméticamente el matraz para que se den las condiciones anaerobias. Durante la fermentación se realizan pruebas de °Brix y alcohol.

2.2.3. Fermentación acética

En esta etapa el proceso es aeróbico, por lo que ingresa aire en los sistemas. Se complementan las condiciones para la fermentación acética agregando 0.1 % de fosfato de amonio, inóculo de cepas activas de *Acetobacter Aceti* correspondiente al 5% del volumen total de fermentación, regulando la temperatura en 28±2 °C y una acidez inicial de 3 % (pH: 2.5) expresado en porcentaje de ácido acético. Se realizaron análisis de acidez y de alcohol.

2.2.4. Obtención del vinagre de manzana

El vinagre obtenido fue opaco de color marrón precisamente por las partículas coloidales, y fue tratado con bentónica sódica, anteriormente hidratada por 24 horas, después de esto se añade gelatina base, la cual se ha disuelto en agua caliente. Se mezcló hasta lograr una buena homogenización y se deja sedimentar por 24 horas para posteriormente filtrar. Por último, el vinagre clarificado es colocado en la autoclave a una temperatura de aproximadamente 63 ± 2 °C con un tiempo establecido de 25 minutos, todo esto con el fin de asegurar una inactivación completa de fermentos.

2.2.5. Determinación de biomasa

Para este apartado se utilizó el método de peso húmedo, el cual se logra obtener a partir de una muestra en suspensión que se va a pesar luego de la separación de las células por filtración o centrifugación. Es un método adecuado para medir grandes volúmenes de muestra, esta técnica fue establecida por Theodor Svedber. Esta se desarrolla bajo la siguiente metodología:

Se toma en un matraz una porción considerable de la sustancia de interés (alrededor de 650 ml de la fermentación). Luego se tomaron 5 ml de la muestra mencionada en el punto anterior. Se deberá tomar el peso de un papel filtro seco, para posteriormente mediante un embudo cubierto con el filtro, pasar los 5ml separados de la muestra, estos serán depositados en un matraz Erlenmeyer. Finalmente, cuando la muestra fue filtrada, se procede a tomar el peso del papel filtro más la muestra. Con los datos obtenidos durante el desarrollo del método se procedió a realizar las operaciones matemáticas correspondientes, para la determinación de la cantidad de biomasa correspondiente a las muestras utilizadas.

La determinación de la biomasa se desarrolló durante un período de 8 días, repitiendo de esta manera la metodología señalada anteriormente, obteniendo así varios puntos que permitieron la construcción gráfica de la curva de crecimiento microbiano. La fórmula utilizada se muestra en la ecuación 1.

$$\left(\frac{g}{ml}\right) = \frac{(\text{peso } P.\text{filtro} + \text{muestra}) - (\text{peso inicial } P.\text{filtro})}{\text{Volumen de la muestra (5ml)}} \quad (\text{Ec. 1})$$

2.2.6. Fórmulas para el diseño del biorreactor

Para determinar las dimensiones del biorreactor se usaron principalmente

las fórmulas planteadas en la tabla 1. Estas ecuaciones permitieron obtener los principales parámetros para el diseño del reactor.

Tabla 2.
Ecuaciones para el diseño del biorreactor.

Parámetro	Cálculo de número de Reynolds	Cálculo de W_B	Cálculo del D_i	Cálculo del DT	Cálculo del HL	Cálculo del C_i
Fórmula	$\#Rei = \frac{Ni * Di^2 * \rho}{\mu}$	$\frac{W_B}{Di} = 0.2$	$\frac{Di}{DT} = 0.33$	$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * h}}$	$\frac{hL}{DT} = 1$	$\frac{C_i}{DT} = 0.33$

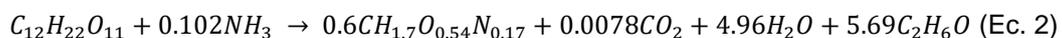
Ni: # de burbujas del diámetro; Di: diámetro del impelente; DT: diámetro total; VT: volumen total; HL: altura del líquido; HT: altura del biorreactor; W_B : ancho de los deflectores; C_i : separación entre el agitador y el fondo del tanque.

3. Resultados y discusión

3.1. Fermentación alcohólica

En la etapa de fermentación alcohólica del proceso

implementado se obtuvo la ecuación estequiométrica que se expone a continuación en la ecuación 2.



En la figura 1 se obtuvo la variación de masa del alcohol producido en función del tiempo de fermentación. En la fase de preparación del mosto fermentado se usó una cantidad adecuada de agua y manzana, de modo que la concentración inicial de azúcares totales fue 6 °Brix, el

empleo de las cepas de levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, comercial, muestra una alta actividad microbiana en las condiciones aplicadas (figura 2). Siguiendo una cinética de primer orden cuya constante de velocidad de reacción es $K=0.1006 \text{ día}^{-1}$.

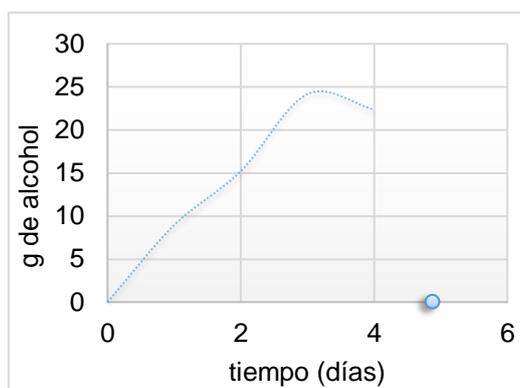


Figura 2. Velocidad de producción de alcohol.

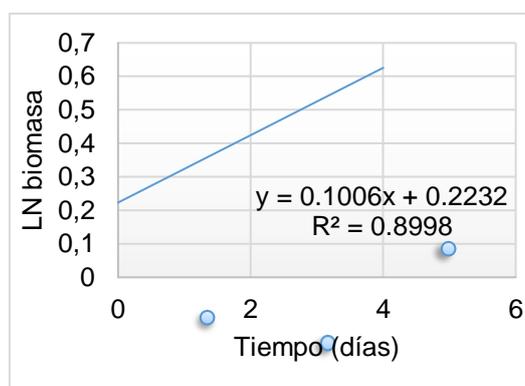
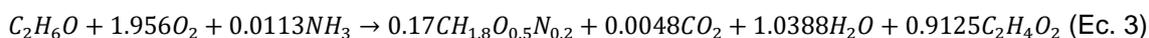


Figura 3. Cinética de primer orden en la fermentación alcohólica.

3.2. Fermentación acética

En esta etapa se obtuvo la ecuación estequiométrica que describe un

proceso aeróbico para la producción de ácido acético (ecuación 3).



El alcohol obtenido se acondicionó para poder realizar la fermentación acética. Según el trabajo de Araceli Z en una solución alcohólica se obtuvieron concentraciones de 6.8 % en 72 horas, considerándose muy bueno, mientras que en esta investigación se obtuvieron valores cercanos al 3%. Con respecto a la

cinética de fermentación acética se denota de primer orden con una constante de velocidad de reacción de 0.1451 día^{-1} .

3.2.1. Rendimiento

Acorde con los estudios realizados por Erazo et al. (2001), en donde se reporta la obtención de una

concentración de 40 g/l de ácido acético, a diferencia de los resultados obtenidos en la presente investigación (29 g/l), esto se debe a las condiciones experimentales de los procesos y además se atribuye a los errores de los coeficientes estequiométricos obtenidos en la biomasa y dióxido de carbono, ya que los valores obtenidos dependen de las relaciones estequiométricas.

Con respecto a la cinética de las reacciones reportada por Erazo et al. (2001), se muestra un comportamiento similar en la fermentación alcohólica, mientras que para la fermentación acética difiere de los encontrados en la literatura, no obstante, siguen un comportamiento similar con buenas constantes cinéticas. Estos valores difieren de los hallados en esta investigación por las condiciones iniciales de trabajo, tales como la concentración de azúcares y las cepas representativas utilizadas en ambos casos (Sprinit, 2018).

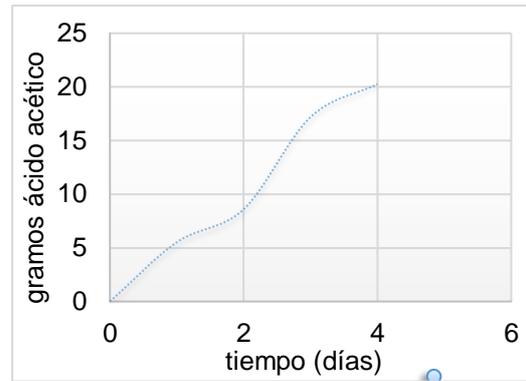


Figura 4. Velocidad de producción de alcohol.

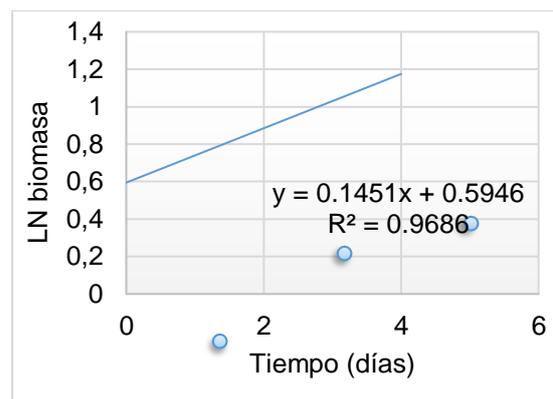


Figura 5. Cinética de primer orden en la fermentación acética.

3.3. Diseño del biorreactor

De acuerdo a los resultados obtenidos a escala de laboratorio y posteriormente proyectados a nivel industrial, se ha diseñado un biorreactor para la producción de 100 kg de ácido acético. En este sentido, se requieren 1214.14 Kg de pulpa de manzana en solución con 1223.62 kg de agua, levadura (2.24 kg) y fuente de nitrógeno (0.56 kg), por consiguiente, posee las dimensiones que se encuentran

graficadas en la figura 6 y especificadas en la tabla 3.

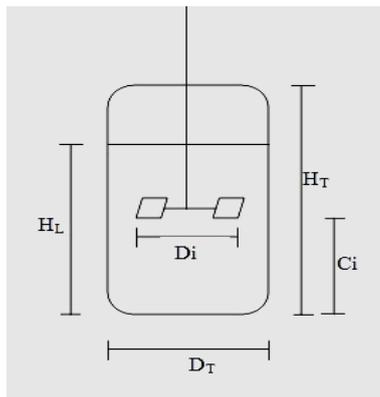


Figura 6. Esquema del biorreactor.

Tabla 3.
Dimensiones del biorreactor propuesto.

Variabes	Valor	Unidad
Ni	4	s ⁻¹
Di	0.4	m
DT	1.21	m
VT	2.31	m ³
HT	2	m
Wb	0.08	-----
Ci	0.4	m

3.3.1. Potencia no gaseada

A partir de los resultados obtenidos mediante la experimentación en cuanto a la viscosidad dinámica del medio de fermentación, así como también la densidad, se obtuvo el número de Reynolds, mismo que resulto mayor a 103, por lo que se estableció la fórmula de potencia no

gaseada, dando un resultado de 1460.53 Watts (W).

3.3.2. Flujo de aire

El valor bibliográfico de la potencia de un aireador usado normalmente en la industria permitió el cálculo del flujo de aire que se requiere en el biorreactor, mismo que esta dado en m³/s, siendo este de 0.008.

3.3.3. Potencia gaseada

Para el cálculo de esta potencia se usó la fórmula establecida, dando como resultado 1004.12 W, verificándose así la condición de que la potencia no gaseada es mayor que la potencia gaseada.

3.3.4. Dispersión del oxígeno

Para saber si el oxígeno estaba completamente distribuido por el medio de fermentación se realizó la comparación entre $F_g(c)$ y F_g . Se indica que si $F_g(c) > F_g$, el oxígeno está completamente disperso, siendo este el caso, debido a que $F_g(c)$ es 0.013 m³/s.

3.3.5. Suspensión celular

Para conocer si las células presentes en el medio se encontraban suspendidas a la velocidad de agitación establecida, se comparó el Ni con el Njs. Bajo este enfoque, si

Ni es mayor que Njs, las partículas se encontrarán en completa suspensión. De esta manera se presenta el resultado obtenido en Njs, el cual fue 0.378 mismo que se presenta superior al Ni, por lo que se puede decir que efectivamente las células permanecieron en suspensión.

3.4. Discusión

En la cinética de producción de alcohol se puede apreciar el avance de la reacción en el transcurso del tiempo, y a partir del cuarto día de fermentación se muestra un descenso en la producción de alcohol y se mantiene constante hasta un valor de aproximadamente 4 % V/V de alcohol, de la misma manera esto se ve reflejado en la variación de los °Brix, que se mantienen en un valor fijo a partir del quinto día. Con respecto a la producción de biomasa se puede apreciar una fase de aclimatación en el primer día de fermentación, esto se debe a que fue añadida cierta cantidad de levadura, la cual debe adaptarse al medio de fermentación, luego se observa un crecimiento casi lineal hasta el quinto día de fermentación.

En la cinética de producción de ácido acético se observan las fases de producción con una velocidad lenta hasta el segundo día de fermentación y una producción exponencial después de este día hasta mantenerse constante. Al observar el crecimiento de biomasa en la fermentación acética se puede percibir una fase de aclimatación hasta el segundo día y luego un crecimiento lineal, este crecimiento coincide con la producción de ácido acético antes descrita, ya que hasta el segundo día la producción es lenta y a partir de ahí se acelera la producción.

Aplicando los balances de masa correspondientes se pudieron obtener los rendimientos experimentales. Estos rendimientos fueron comparados con los máximos teóricos, resultando así un rendimiento de 5.96% para la biomasa en la fermentación acética y 60.85 % para la producción de ácido acético, lo cual es considerado factible, ya que favorece a la obtención de ácido acético y no a la formación de biomasa (Flanzy, 2006).

Para los procesos de fermentación acética y fermentación alcohólica el

balance de masa depende del balance estequiométrico realizado (ClubEnsayo, 2019), por lo que se debe reflejar un equilibrio entre las corrientes de entrada y salida, difiriendo en el caso de la fermentación alcohólica en apenas un 0.3 % y en el caso de la fermentación acética en un 2.4% con respecto a las entradas y salidas. Estas variaciones se pueden justificar por los datos experimentales obtenidos y las técnicas de medición utilizadas.

Con respecto al balance de energía, se consideraron las circunstancias de trabajo aeróbicas para la fermentación acética y anaeróbicas para la fermentación alcohólica, tratándose en ambos casos de sistemas exotérmicos, los cuales deben mantenerse a las temperaturas correspondientes, con un mayor gasto energético en la fermentación alcohólica.

4. Conclusión

Se logró determinar los coeficientes estequiométricos que se ajustan al proceso fermentativo realizado a escala de laboratorio, lo que permitió establecer la ecuación molar como base para la implementación de un proceso industrial.

Al realizar una comparación entre los rendimientos máximos y los rendimientos teóricos se puede concluir que el proceso fue eficiente debido al alto porcentaje alcanzado para la producción de ácido acético, producto de interés en este estudio.

Al realizar el balance de masa y energía se logró estimar la cantidad de sustrato y diferentes nutrientes que serán necesarios para un proceso industrializado, así como la proporción de energía que se consumirá durante el proceso. Cabe recalcar que errores a escala industrial pueden traducirse a costos más elevados de producción, por lo que es importante realizar estos cálculos a escala de laboratorio y posteriormente realizar un escalado del proceso.

Se diseñó un biorreactor tomando en cuenta cada uno de los factores que intervienen en el sistema, desde dimensiones hasta consumos de potencia, lo que permitió satisfacer las necesidades del proceso fermentativo y garantizar la distribución completa del oxígeno en el medio, así como también la suspensión celular.

Bibliografía

- Barahona, M. R., & Trujillo, I. S. (2012). Efecto del método de fermentación acética en las características físico-químicas y sensoriales en vinagre de naranja agria. Zamorano, Honduras. Recuperado el 11 de 2019, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1252/1/AGI-2012-T040.pdf>
- ClubEnsayo. (2019). Fermentación Batch. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Fermentaci%C3%B3n-Batch/403766.html>
- Díaz, J. (2010). Variedades locales de manzana. 12-15. Recuperado el 11 de 2019.
- Doran. (1998). Principios de la *Ingeniería de los Bioprocesos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Erazo, Brock, & Madigan. (2001). *Vinegar: Its manufacture and examination*. London.
- FAO. (2002). Codex Alimentarius Comision. Geneva, Switzerland: Appendix II.
- Flanzy. (2006). Multivariate characterization of wine vinegars from the south of Spain according to their metallic content. 45, 379-386.
- García, A. H., & Burgos, M. D. (2019). PULEVA. Obtenido de Manzana: [prende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-az/m/manzana](https://www.lechepuleva.es/a-prende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-az/m/manzana)
- INIAP. (1997). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito (Ecuador, Manual agrícola de los principales cultivos del Ecuador. Quito: EC: INIAP, 1987.
- Kenneth. (2010). Un enfoque Sistemático hacia la Seguridad de los Alimentos. Washington.
- Malajovich. (2008). Biotecnología y vida cotidiana. Manual de trabajos prácticos de Biotecnología. Recuperado el 11 de 2019, de https://bteduc.com/guias_es/3_3_Vinagre_artesanal.pdf
- Muller. (2011). Vinagre de Sidra. Barcelona.
- INEN. (2003). Norma Técnica NTE INEN 2, 296. Ecuador.
- Patiño, F. M. (2013). Evaluación de variedades de locales de manzana como materia prima para la elaboración de sidra. Universidad de Azuay, Escuela de Alimentos, Azuay. Recuperado el 11 de 2019, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3262/1/10036.pdf>
- Peppler. (2012). *Microbial technology*. Luisiana.
- ProChile. (2012). Estudio de Mercado Vinagre en Estados Unidos (Vol. 22). Chile.

Recuperado el 11 de 2019, de https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/documento_09_26_12152811.pdf

Sprint. (2018). Desarrollo de modelos cinéticos para bioprocesos: aplicación a la producción de xantano. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/3549/>

Suárez, C., Garrido, A., & Guevara, A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *Redalyc*, 50(1), 20-28. Recuperado el 11 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>