Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"

Software Antiplagio

UNICHECK

INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el analisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo titulo es:

TERMODINAMICA

presentado por:

Angely Marisol Arias Mamani

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA QUIMICA Y PETROQUIMICA** obteniéndose como resultado una coincidencia de **14.12%** otorgándosele el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

El TRABAJO MONOGRÁFICO ha sido APROBADO con un 14.1% de coincidencias.

Ica, **16** de **Diciembre** de **2020**

SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO
COORDINADOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y PETROQUIMICA

RAUL GERARDO AVILA MEZA
ASESOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y PETROQUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y PETROQUÍMICA

ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO MONOGRAFICO

TERMODINAMICA

PRESENTADO POR:

BACH. ANGELY MARISOL ARIAS MAMANI

ICA - PERU

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres; por su apoyo sin condiciones a lo largo de mi carrera profesional y así hicieron posible forjarme un futuro mejor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos mis docentes de la Facultad por todas sus enseñanzas en los claustros de esta casa de estudios, para así poder llegar a la excelencia profesional. Muchas gracias.

RESUMEN

Esta investigación tendrá en cuenta las oportunidades que ofrecen actualmente los análisis teóricos y empíricos en el ámbito de la termodinámica química. Partiendo de la herencia científica acogida, notablemente esencial, se reseña una travesía personal a la transmisión del saber con el estímulo agregado de establecer sinergias con otras disciplinas.

Esta ruta se lleva a cabo a través de las contribuciones que el análisis de los equilibrios de fase está produciendo en áreas tan diferentes como los sistemas de refrigeración, la síntesis selectiva de productos orgánicos y la extracción y fraccionamiento de productos valiosos de matrices sólidas.

En todos los casos analizados aquí, los métodos experimentales y los modelos moleculares utilizados serán fundamentales para elegir y obtener productos mucho más limpios y seguros que permitan lentamente reescribir una Química desprovista de cualquier significado peyorativo.

Utilizando la metodología aplicada en esta monografía, se evaluó la eficiencia energética para cada una de las etapas del proceso que se tomó como ejemplo práctico. Los valores obtenidos a través del teorema de Gouy-Stodola se compararon con los resultados del balance energético, encontrando un alto grado de convergencia entre ellos.

INDICE

DEDICATORIA **2**

AGRADECIMIENTO **3**

RESUMEN **4**

INDICE **5**

INTRODUCCIÓN **7**

1. CAPITULO I LA TERMODINAMICA **8**

1.1. Concepto 8

1.2. Fundamentos de la termodinámica. 8

1.3. Métodos de estudio de la termodinámica: 11

1.3.1. Microscópico: 11

1.3.2. Macroscópico 11

1.3.3. Continuo 12

1.4. Sistemas unitarios 12

1.4.1. El Sistema Internacional de Unidades (SI) 12

1.4.2. El sistema inglés de unidades 12

1.5. Sistema 12

1.5.1. Tipos de sistemas: 12

1.6. Propiedades 13

1.6.1. Clasificación de la propiedad: 13

1.7. Estado del sistema 14

1.7.1. Postulado Estatal 14

1.7.2. Propiedades o funciones de estado 14

1.8. Fase 15

1.8.1. Cambio de fase 15

2. CAPITULO I TERMODINÁMICA EN LA INDUSTRIA ORGÁNICA **16**

2.1. Termodinámica en la industria química orgánica. 16

2.2. Conservación de alimentos por calor. 16

2.3. Comportamiento de microorganismos y enzimas frente a la temperatura 17

2.4. Cinética de la destrucción de microorganismos por calor.....19

2.5. Termorresistencia de los microorganismos.....23

2.5.1. Valor F 24

3. CAPITULO III CASO DE ESTUDIO 27

ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN REAL DE ACEITE DE PALMA REAL.....27

3.1. Análisis de producto.....27

3.2. Proceso de extracción de aceite de palma.....28

3.2.1. Esterilización.....28

3.2.2. Digestión.....29

3.2.3. Prensado.....29

3.2.4. Aclaración.....29

3.3. El proceso de clarificación se divide en dos partes:.....30

3.4. Características energéticas del aceite de palma. 31

3.5. Energía y análisis energético.....32

4. RESULTADOS 38

5. CONCLUSIONES.....40

6. FUENTES DE INFORMACION..... ¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

La química orgánica es un gran desconocido para muchos, pero tiene una larga historia consagrada al campo de la termodinámica química que se ha marcado por un minucioso trabajo y tan discreto como meticuloso en sus demostraciones. La valoración de las propiedades termo físicas en el campo de la industria química, el análisis e interpretación de la manera de cómo las interacciones intermoleculares revelan la conducta macroscópica de los sistemas, que exigen de un entrenamiento tan riguroso en la medición y observación de fenómenos experimentales.

El estudio de la cinética, la termodinámica y los mecanismos de las reacciones químicas facilita un mayor conocimiento sobre los procesos industriales, lo que permite una correcta toma de decisiones con respecto a la modificación de variables operativas, con el objetivo de hacer que el proceso sea más eficiente y obtener un producto de mejor calidad, donde Las reacciones colaterales se minimizan a favor del rendimiento deseado del producto. El contenido antes mencionado demuestra que las condiciones de operación, como presión, temperatura, alimentación y catalizador, están directamente relacionadas con la química fundamental, por lo que es importante

No obstante, de la misma forma en que todos los campos del conocimiento "adyacente", la perspectiva de la fisicoquímica, junto con otras ciencias, es inmejorable para destacar, en asumir nuevos retos, en la solución de problemas y, en última instancia, en la transferencia de conocimiento. Pero para esto, usted debe ser capaz de identificar los campos de interés en los que existen demandas y eliminar las brechas de comunicación que existen actualmente entre los experimentadores y los teóricos. Una misión no fácil pero no imposible.

CAPITULO I

LA TERMODINAMICA

1.1. Concepto

Se define como la ciencia de la energía, la palabra proviene de dos vocablos griegos Thermos (Calor) y dynamics (potencia), que describe entonces los primeros esfuerzos en convertir calor en potencia. En la actualidad el concepto comprende todas las características de la energía y sus variaciones, inclusive la generación de potencia, la producción de frio y las relaciones que se producen entre las propiedades de la masa.

La termodinámica se ocupa de la energía y sus transformaciones en los sistemas desde un punto de vista macroscópico; sus leyes son restricciones generales que la naturaleza impone en todas esas transformaciones, es una teoría de una gran generalidad, aplicable a sistemas de estructura muy elaborada con todas las formas de propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas complejas; puesto que la termodinámica se focaliza en las propiedades térmicas, es conveniente idealizar y simplificar las propiedades mecánicas y eléctricas de los sistemas que estudiaremos; cuando el contenido esencial de la termodinámica haya sido desarrollado, será una cuestión simple extender el análisis a sistemas con estructuras mecánicas y eléctricas relativamente complejas (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

El problema primordial es indicar que las limitaciones en los sistemas considerados no son restricciones fundamentales sobre la teoría general de la termodinámica, y sólo se admiten para una simplificación de forma de exposición.

1.2. Bases de la Termodinámica.

En el estudio de las relaciones entre las propiedades termodinámicas y de las transformaciones de energía y las relaciones que existen entre las propiedades termodinámicas,

se han definido unas leyes básicas que se fundan en la heurística experimental y que a continuación se reseñan.

Postulado	Definición
Ley Cero	Se refiere al equilibrio térmico entre cuerpos en contacto.
1era Ley	Es un principio de conservación y trata sobre la cantidad de energía
2da Ley	No es un principio de conservación y trata sobre la calidad de la energía, esto implica que algunas formas de energía son más útiles que otras para la sociedad.
3era Ley	Son enunciados que se refieren a las propiedades termodinámicas.

1.3. Alcance e importancia de la Termodinámica

La termodinámica ha abarcado diversas áreas dirigidas a conseguir la transformación, la conducción y la utilización eficiente de la energía.

En áreas como:

a. Plantas de Potencia:

i. Plantas de Turbinas a Gas

ii. Plantas Termoeléctricas

iii. Plantas Hidráulicas

b. Motores de Combustión Interna:

i. Motores de encendido por chispa.

ii. Motores de ignición.

c. Sistemas de Refrigeración

i. Por compresión de vapor

ii. Por compresión de gas

iii. Por absorción

d. Sistemas de Bombeo

i. Bombas Centrifugas

ii. Bombas de pozo profundo

iii. Bombas sumergibles

iv. Bombas reciprocantes

e. Pilas eléctricas de combustible.

f. Plantas separadoras de Aire.

g. Intercambiadores de Calor

i. Caldera o generadores de vapor

ii. Condensadores

iii. Torres de Enfriamiento

iv. Evaporadores

v. Calentadores

h. Compresores de Gas

i. Alternativos

ii. Centrífugos

iii. De tornillo

i. Turbinas

i. De vapor

ii. A gas

iii. Hidráulicas

j. Toberas y Difusores

k. Dispositivos de estrangulamiento de fluidos (Válvulas de expansión)

1.3. Métodos de estudio de la termodinámica:

1.3.1. Microscópico:

Es el enfoque que se basa en la naturaleza individual de las partículas y de sus relaciones e interacciones. Se basa en estudiar el tema enfocando la atención en las interacciones moleculares.

1.3.2. Macroscópico

Esta visión muestra lo que se ha definido y se conoce como la Termodinámica clásica, que basa su estudio en la premisa de que la materia se comporta como un continuo (cantidad mínima de la sustancia en la que no se tienen en cuenta los efectos moleculares), lo que impone

que las propiedades de la materia bajo análisis no cambian en medio de las partículas agrupadas y que están limitadas por el mismo límite y bajo las mismas condiciones termodinámicas.

1.3.3. Continuo

Es la cantidad mínima de una sustancia en la que no se tienen en cuenta los efectos moleculares, es decir, la cantidad mínima desde la que se puede determinar que el total de las partículas que conforman la sustancia conservan una conducta promedio.

1.4. Los Sistemas de unidades

1.4.1. Sistema Internacional de Unidades (SI)

El sistema principal de medidas y unidades usadas en todo el mundo para las labores científicas es el llamado Sistema Internacional (SI). Este sistema usa siete dimensiones principales: masa, longitud, tiempo, temperatura, corriente eléctrica, intensidad de la luz y cantidad de sustancia.

1.4.2. El sistema inglés de unidades

En los Estados Unidos, el sistema de unidades en inglés se usa con frecuencia. Este sistema presenta como dimensiones primarias lo siguiente: masa, longitud, tiempo, corriente eléctrica, intensidad de luz, temperatura y fuerza.

1.5. Sistema

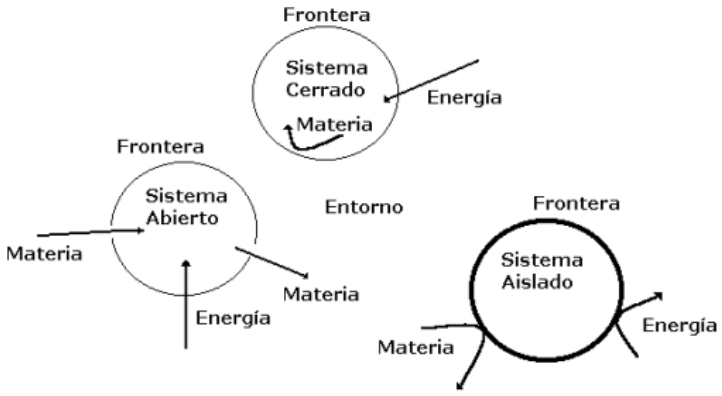
Porción del espacio elegido arbitrariamente, limitado por un área imaginaria o real, que encierra una porción constante de masa y no variable en términos de su identidad (composición química) y en el que el foco se enfoca para analizar desde el punto de vista termodinámico.

1.5.1. Tipos de sistemas:

- Sistema aislado: es uno donde no existe cambio de materia ni de energía con los alrededores.

- Sistema cerrado: donde no existe cambio de energía con los alrededores; pero si de masa.

- Sistema abierto o de volumen de control: donde existe cambio de energía y de masa con los alrededores. Es también conocido como “volumen de control” y la frontera se denomina “superficie de control”.



1.6. Propiedades

Es una característica de un sistema que puede usarse para definir o establecer la condición termodinámica. La determinación de las propiedades se realizan mediante experimentos y es posible fijarles determinados valores en números, esto es, se puede diseñar un experimento que cuantifique directa o indirectamente su valor.

1.6.1. Clases de propiedades

Estas se dividen en dos clases; extensivas e intensivas de acuerdo a su dependencia al con respecto a las variaciones de la materia del sistema.

- Propiedades intensivas: Son la que no dependen de la materia y se caracterizan por ser independientes de la magnitud del sistema, ejemplos: la presión, la temperatura, el volumen específico, presión. Se representan generalmente en letras minúsculas.

- Propiedades extensivas: Son las que dependen de la materia y no son independientes de la magnitud del sistema, ejemplos: energía interna (U), volumen total (V), Flujo másico, entalpía total (H), entropía total (S). Se representan con las letras en mayúsculas.

- Específico: son aquellas propiedades intensivas que se expresan por unidad de masa o molar

1.7. Estado del sistema

Es el momento en que un sistema no sufre ningún cambio, por lo que es posible determinar las propiedades, que describen completamente esa condición.

La definición del estado de un sistema termodinámico significa, especificando el mínimo número de propiedades intensivas e independientes, que se necesita conocer para determinar el estado del sistema.

El número mínimo de propiedades independientes que deben especificarse para la definición de estado dependerá de la fase del sistema.

1.7.1. Postulado Estatal

Como regla general, el estado termodinámico de un sistema o sustancia se puede identificar completamente, a partir de dos propiedades intensivas que son termodinámicamente independientes. (Esta regla se conoce como el postulado del estado).

1.7.2. Propiedades o funciones de estado

Se dice que cualesquier propiedad que posea valores fijos en estado equilibrado, independientemente de cómo el sistema haya alcanzado ese estado, es una función o variable de estado. En base a esta definición, se puede afirmar que:

- El cambio que ocurre en el valor de una propiedad cuando un sistema se altera de un estado de equilibrio a otro es siempre el mismo, independientemente del método utilizado para producir el cambio.

- Si, al pasar de un estado a otro, siempre se mide el mismo valor de cierta cantidad, esa cantidad es una medida del cambio en alguna propiedad.

1.8. Fase

Es una cantidad de materia homogénea en todas sus partes.

1.8.1. Cambio de fase

Es un cambio de apariencia física, es decir, la sustancia se puede mostrar en fase sólida, es decir, no se adapta al contenedor que lo contiene y ofrece resistencia al corte, en fase líquida, que se adapta al contenedor que contiene no ofrece resistencia al corte ni a la fase gaseosa, donde la tendencia natural es abandonar el recipiente que lo contiene.

CAPITULO II

TERMODINÁMICA EN LA INDUSTRIA ORGÁNICA

2.1. Termodinámica en la industria química orgánica.

(Geankoplis, 2016) La transmisión de energía bajo la forma de calor es una de las operaciones más importantes que tienen lugar en la industria alimentaria. De esta manera, procesos como cocinar, hornear, secar, congelar, refrigerar, pasteurizar, esterilizar, entre muchos otros, son parte del procesamiento de la gran mayoría de los alimentos. Por eso es importante tener conocimiento de cómo se realiza la transferencia de calor en los alimentos, para llevar a cabo procesos efectivos, seguros y controlados.

Uno de los principales problemas que surgen dentro de la ingeniería de alimentos es la eliminación de microbios y bacterias que se encuentran en los productos alimenticios, no solo para evitar su potencial contaminante, sino también con el objetivo principal de preservar los alimentos por períodos más largos. posible.

(Geankoplis, 2016) Para lograr la destrucción de las formas esporuladas y vegetativas, los alimentos se tratan térmicamente para obtener un producto final de alta calidad, minimizando las pérdidas de nutrientes y las propiedades sensoriales

2.2. Conservación de alimentos por calor.

Uno de los procedimientos físicos disponibles para Food Technology para aumentar su vida útil es la destrucción de microbios y bacterias debido a la acción letal del calor. Hay dos tipos de tratamiento térmico: uno, llamado pasteurización, cuyo objetivo principal es la desinfección de los alimentos, y también, la esterilización, que tiene por objetivo la eliminación de los microorganismos presentes esporulados o no, o al menos todos los que pueden multiplicarse en el producto final.

(Desrosier, 2014) El primero trata de obtener un alimento libre de microorganismos patógenos no esporulados y, con el segundo, obtener un alimento microbiológicamente estable para poder almacenarlo durante mucho tiempo a temperatura ambiente. Entre los últimos alimentos se encuentran los llamados conservados genéricamente

(Desrosier, 2014) En general, se acepta que este tipo de procesamiento se inventó en la transición de los siglos XVIII al XIX, cuando Nicolás Appert, un chef de repostería francés, observó que los alimentos calentados en contenedores sellados podrían conservarse durante mucho tiempo si el contenedor no se abrió. Los científicos de aquellos tiempos explicaron el éxito de Appert diciendo que de una manera mágica y misteriosa el aire se combinaba con la comida evitando la podredumbre.

(Desrosier, 2014) Obviamente, eran totalmente ajenos a lo que realmente sucedió. Tuvimos que esperar medio siglo, hasta los descubrimientos de Pasteur, para explicar correctamente la causa de la estabilidad de la comida abierta. Desde entonces, aunque introdujo sucesivas mejoras tecnológicas, este procedimiento ha esterilizado una buena cantidad de alimentos hasta hoy.

2.3. Comportamiento de microorganismos y enzimas frente a la temperatura

(Geankoplis 2016) opina que "La temperatura es uno de los agentes que más influyen en el crecimiento microbiano, en la actividad de las enzimas y en la velocidad de muchas reacciones químicas". (p. 124)

Se ajustan pues a la ecuación de Arrhenius:

$$\log v = Ea/2{,}303\ RT + \log A$$

Donde:

v = velocidad de la reacción

Ea= energía de activación (J/mol)

R =constante universal de los gases (8,3144 J/mol. K)

T = temperatura absoluta (K)

A = constante denominada factor de frecuencia

La representación gráfica de la ecuación predice que la velocidad de la reacción aumenta proporcionalmente a medida que lo hace la temperatura, lo que es válido para las reacciones químicas dependientes de la temperatura, como, por ejemplo, la reacción de Maillard.

(Geankoplis. 2016) Sin embargo, cuando se representa la actividad enzimática y el crecimiento microbiano a partir de datos obtenidos experimentalmente, se obtiene respectivamente, las curvas generales, que indican que ambas se ajustan a la ecuación de Arrhenius solo en un intervalo de temperaturas.

(Geankoplis. 2016) La actividad enzimática disminuye proporcionalmente con el descenso de la temperatura del medio pero al aumentar esta, llega un momento en que se pierde la linealidad que se debe a la desactivación de la enzima por la acción del calor. De forma similar, puede decirse que un microorganismo crece más velozmente (disminuye el tiempo de duplicación) al aumentar la temperatura hasta un valor (temperatura óptima de crecimiento) donde se observa primero un descenso acusado de la velocidad de crecimiento y después el cese del mismo; esto se debe a la destrucción del microorganismo por la acción letal del calor.

(Geankoplis. 2016) Sin embargo y a diferencia de lo que ocurre con las enzimas a medida que la temperatura desciende desde la óptima, se observa un descenso de la velocidad de crecimiento pero llega un momento en que el crecimiento se hace aún más lento hasta llegar a una temperatura (diferente para cada tipo o grupo microbiano), en que se detiene, que no

necesariamente tiene que ser, en los microorganismos psicrotrofos y psicrófilos, cuando se congela el medio, ya que en alimentos congelados (hasta unos -12 °C), se ha detectado crecimiento de algunos microorganismos en la fracción líquida del mismo. La disminución de la velocidad de crecimiento microbiano y su cese a medida que la temperatura disminuye, se ha atribuido a la pérdida de actividad de las permeasas a baja temperatura y/ o a los cambios en la arquitectura de la bicapa lipídica de la membrana que impedirán la combinación de las permeasas con los correspondientes sustratos.

2.4. Cinética de la destrucción de microorganismos por calor.

(Rodríguez 2013) creen que "al aumentar la temperatura a partir del crecimiento óptimo de un microorganismo en particular, primero se inhibe, luego se causan lesiones subletales en el microorganismo, pudiendo ser aún viables pero incapaces de multiplicarse hasta que la reparación no repara lesiones y, si la temperatura es lo suficientemente alta, inevitablemente se produce la muerte”

(Rodríguez 2013) Por lo tanto, generalmente se puede decir que cualquier temperatura por encima del crecimiento máximo de un microorganismo es letal para él. Los tratamientos con calor letal causan una disminución progresiva y ordenada en sus poblaciones microbianas homogéneas, cuanto más largo es el tiempo de exposición

(Rodríguez 2013) Aunque se han observado excepciones, está perfectamente establecido que la destrucción de microorganismos por el calor no es fortuita, sino que sigue una marcha ordenada; Esencialmente se ajusta a un curso logarítmico. Esto se demostró hace casi una centuria, para las especies esporuladas de Bacillusstearo thermophilus y otras bacterias que causan la alteración del flatsour (acidificación sin producción de gas) de algunas conservas.

(Rodríguez 2013) La naturaleza logarítmica de la destrucción de microorganismos por el calor se explica perfectamente según la ecuación general de las reacciones de primer orden.

Nt =No .e-k1

Donde:

t =tiempo

Nt =número de microorganismos en un tiempo t.

No= número inicial de microorganismos

K= coeficiente de letalidad térmica (tiempo-1).

(Rodríguez 2013) La destrucción de los microorganismos durante un tratamiento térmico (K), se define por el coeficiente de letalidad térmica. Sin embargo, en la bibliografía se encuentra más frecuentemente el parámetro denominado tiempo de reducción decimal (valor D) que se define como el tiempo necesario, a una temperatura determinada, para destruir el 90% de los microorganismos presentes

(Rodríguez 2013) El valor D se calcula a partir de la gráfica de supervivencia, que es la recta obtenida al representar el logaritmo del número de supervivientes en función del tiempo.

El tiempo preciso para cruzar un ciclo logarítmico es el valor D y viene definido por la expresión.

D = t/ (log N0- log Nt)

Donde:

D = Tiempo de reducción decimal (min)

t = tiempo (min)

N_0 = Número de microorganismos presentes inicialmente.

N_t = Número de microorganismos después del tratamiento térmico.

El valor D puede calcularse también a partir de la ecuación de la recta obtenida en la gráfica de supervivencia, en la que:

$D = 1/tg\ \alpha$

La naturaleza logarítmica de la muerte de los microorganismos por la acción letal del calor que no es posible llegar al acero absoluto de microorganismos, por mucho que se prolongue el tiempo de tratamiento. Por ejemplo, supóngase que las formas esporuladas de Bacillussubtilispresentan un D110 °C = 1 min. Cada minuto de tratamiento a 110 oc se destruirá el 90% de las células supervivientes obteniéndose reducciones sucesivas del 90%, 99%, 99.9%, 99.99%, etc, es decir los supervivientes serán 10%, 1%, 0.1 %, 0.01 %, etc. Como no es posible obtener una fracción de microorganismo viable, en términos prácticos las reducciones sucesivas significan que habrá una espora viable por una unidad de alimentos considerada (por ejemplo, por envase), 1 por cada 10 envases, el término esterilizado no implica necesariamente que el producto esté estéril en un sentido microbiológico estricto y, por ello, es más correcto hablar de esterilidad comercial, que suele situarse en valores de 1/104-1/105, es decir que el tratamiento aplicado consiga una reducción tal de microorganismos que el riesgo de alteración sea de 1 envase por cada 10.000 o 100.000 fabricados (Rodríguez 2013).

Evidentemente podría aumentarse la intensidad del tratamiento térmico y conseguir un grado de esterilidad mayor pero tal posibilidad se ve limitada por los cambios químicos adversos que siempre conlleva la aplicación de calor sobre todo en lo referente a la calidad organoléptica y valor nutritivo.

(Rodríguez 2013) El tecnólogo de los alimentos, pues se enfrenta al dilema de disminuir el riesgo de alteración o elaborar un producto con los mínimos cambios en la calidad sensorial y nutritiva. Hay que llegar a un compromiso para aplicar el tratamiento térmico mínimo con el que se pueda conseguir la esterilidad comercial, manteniendo el máximo de calidad original.

(Rodríguez, 2013) La naturaleza logarítmica de la muerte de microorganismos por calor también indica que lograr la reducción de la carga microbiana en un nivel deseado depende del número inicial que se divide, lo que implica en términos prácticos la conveniencia de procesar alimentos menos contaminados posibles.

La relación entre el coeficiente de letalidad térmica, k y el valor D se deduce de la ecuación, que se puede expresar tomando logaritmos, de la siguiente manera: (Rodríguez, 2013: 80)

$$\text{Log } Nt = kt \log e + \log N0$$

$$K = (\log N0 - \log Nt)\ 2.303 / t$$

Cuando $\log N0 - \log Nt = 1$, tienes que $t = D$,

Asi que:

$$k = 2{,}303 / D$$

Para cada microorganismo, el valor D es específico de la temperatura de tratamiento. Por lo tanto, se requiere un medio para relacionar los valores de D con cada temperatura. Se realiza a través del valor Z, que se calcula a partir de los gráficos de destrucción térmica. Estos se construyen representando los logaritmos de los valores de D en función de la temperatura. El valor Z se define como el número de grados Celsius que es necesario para acrecentar o

amenorar la temperatura hasta que la magnitud de D crezca o disminuya, correspondientemente hasta 10 veces. Del gráfico de destrucción térmica: (Rodríguez, 2013: 80)

Z = (T2- T1) (log D1 -log D2)

Dónde:

= número de grados ec)

T 1 y T 2 = temperaturas de tratamiento ec)

D1 y D2 = valores Proporcionan las temperaturas anteriores.

Los valores de Z para las esporas bacterianas generalmente están entre 7 y 12 ° C y para las bacterias no esporuladas entre 4 y 6 ° C.

2.5. Termorresistencia de los microorganismos

(Rodríguez, 2013) opina que "La termorresistencia microbiana depende de diversos factores intrínsecos y extrínsecos"

Los primeros se refieren al tipo de microorganismo de que se trate y de la forma en que se encuentren. Por lo regular, aun cuando se presentan excepciones, la termorresistencia se relaciona con la temperatura de crecimiento óptima.

(Rodríguez, 2013) Los microorganismos psicocrófilos y psicrotrofos son más termolábiles que los mesófilos y estos más que los termófilos. Las bacterias esporuladas presentan una mayor resistencia al calor que las no formadoras de esporas y dentro de estas las termófilas más que las mesófilas.

Entre los parámetros extrínsecos podemos mencionar el pH, la composición del medio de calentamiento (contenido de grasa, carbohidratos, sales) y la actividad de agua. En el caso

de las esporas, adquiere relevancia la composición del medio de esporulación y la temperatura a que la bacteria esporula

(Rodríguez, 2013) En la práctica adquiere gran importancia el pH del alimento. Debido a ello, se ha hecho una clasificación de los alimentos respecto a este agente y a la termorresistencia de distintos microorganismos.

(Rodríguez, 2013) da por ejemplo, la termorresistencia típica de distintos microorganismos esporulados; la separación entre alimentos poco ácidos (pH > 4,5) y alimentos ácidos (pH entre 4,0 y 4,5) radica en la termorresistencia del Clostridiumbotulinum, ya que las esporas de esta especie no pueden germinar en alimentos con un pH inferior a 4,5 y por lo tanto no es necesario tener en cuenta el concepto 12D.

De forma similar, la separación de los alimentos ácidos y muy ácidos (pH < 4,0) se debe a que ninguna espora bacteriana puede germinar a pH inferiores a 4,0 y por lo tanto, se puede disminuir considerablemente la intensidad del tratamiento térmico para conseguir la estabilidad microbiológica (Rodríguez & et al., 2002)

2.5.1. Valor F

Es un parámetro que se usa en la industria conservera y puede definirse como el tiempo que se requiere, a una temperatura definida, para reducir la población microbiana presente en un alimento hasta un nivel deseado y cada microorganismo existente en el alimento tiene su propio valor F y el valor F se refiere a 121° C se designa como Fo; el valor F se calcula, suponiendo que el calentamiento y el enfriamiento son instantáneos, a partir de la expresión (Rodríguez & et al., 2002).

$$F = D (\log N0 - \log N1)$$

Donde:

F = tiempo (min) requerido para lograr el grado de reducción de la población microbiana hasta el nivel deseado.

D = tiempo de reducción decimal a la temperatura de tratamiento.

N0 = número inicial de microorganismos.

N1 =número final de m.o. al que se pretende llegar.

Cl. botulinumelabora una potente neutrotoxina cuando se multiplica en los alimentos. Como es una bacteria anaerobia y en las conservas el medio es anóxico. Cl.botulinum puede crecer y producir la toxina. Dada la necesidad de salvaguardar la salud del consumidor, siempre se supone, al esterilizar un alimento de pH > 4,5, que existe una espora de Cl. botulinum por envase y es necesario reducir su número a una espora viable por cada billón de envases (1012), es decir, que el tratamiento térmico ocasione 12 reducciones decimales; es lo que se conoce como concepto 12 D

Se sabe que el valor F0 mínimo para las conservas de alimentos de pH > 4,5 es 2,52; se ha calculado a partir de la ecuación.

$$Fo = D (\log 1 - \log 10\text{-}12)$$

Teniendo en cuenta que el valor D121 de las esporas de las cepas más termorresistentes de Cl. botulinum es 0,21 min.

Entonces:

$$Fo = 0{,}21 (\log 1 - \log 10\text{-}12) = 2{,}52 \text{ min}$$

Este es el tiempo mínimo que hay que aplicar para la fabricación de alimentos esterilizados de pH > 4,5. Cuando se esterilizan alimentos a otras temperaturas habría que calcular el F equivalente teniendo en cuenta el valor Z del Cl. Botulinum, al que se asume un valor de 10 oc. En alimentos con un pH inferior a 4,5 no es necesario aplicar el concepto 12D

CAPITULO III

CASO DE ESTUDIO

ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN REAL DE ACEITE DE PALMA REAL

3.1. Análisis de producto

(Bernal, 2013) El agronegocio africano de la palma ocupa el quinto lugar en producción en el contexto global y el primero en las Américas; el producto principal que se deriva de la palma elaeis guineensis Jacq; es la producción de aceite a partir de la pulpa de frutas y almendras y también se obtienen otros subproductos comestibles y no comestibles importantes.

(Bernal, 2013) Las perspectivas para el mercado del aceite de palma y sus derivados son prometedoras, ya que el consumo de aceites y grasas vegetales, la producción de biocombustibles y la industria oleoquímica ha aumentado en Perú y el mundo en los últimos años.

(Bernal, 2013) La creciente demanda evidente de aceite de palma africana es consecuencia de la creación y expansión de plantas productoras de biodiesel con diversas tecnologías que sirven como una alternativa para satisfacer la demanda actual de energía a nivel nacional y mundial, obteniendo un producto de buena calidad, producido a partir de un producto renovable. . fuente y respetando las normas de preservación del medio ambiente.

Actualmente, los estudios realizados en la industria de la palma aceitera se centran principalmente en los equilibrios de masa y energía, que permiten la identificación de puntos de proceso donde hay pérdida de materia y / o uso inapropiado de energía, y de esta manera para mejorar el proceso de producción. Cuando el balance de energía se usa a través de la primera ley de la termodinámica, existe una limitación importante, ya que al analizar un

proceso real, es complejo cuantificar el grado de uso de la energía suministrada al proceso, ya que no tienen en cuenta Las irreversibilidades generadas en el equipo.

(Bernal, 2013) Como consecuencia de esto, surge la necesidad de aplicar otro tipo de evaluación, en este caso el análisis de energía que, mediante el uso de la primera y segunda ley de la termodinámica, puede resolver las limitaciones mencionadas anteriormente.

(Bernal, 2013) También se considera una herramienta para el estudio y diagnóstico de sistemas, útil en el diseño de soluciones alternativas que buscan reducir el uso innecesario de recursos y, por lo tanto, los posibles impactos generados por ellos, guiando así la búsqueda del desarrollo sostenible. . Es importante tener en cuenta que este análisis se puede utilizar en cualquier proceso de la industria, ya que siempre habrá irreversibilidades en el sistema.

3.2. Proceso de extracción de aceite de palma

La breve descripción de las principales etapas que se llevan a cabo para el proceso de extracción de aceite de palma:

(Bernal, 2013) Cosecha. Los racimos al completar su proceso de maduración deben cosecharse o cortarse y llevarse a la planta rápidamente, para evitar aumentar el contenido de ácidos grasos libres (AGL) del aceite dentro de las frutas, esto como un subproducto de una reacción química en la que la enzima llamada lipasa actúa como catalizador.

3.2.1. Esterilización

Una vez que los grupos llegan a la planta de ganancias, se descargan en una tolva. Esto alimenta los vagones que luego se introducen en los autoclaves, donde se lleva a cabo un proceso de cocción a los grupos a través del vapor saturado en un ciclo de tres picos de presión, con el objetivo principal de inactivar la enzima responsable de la acidificación del aceite (Larrañaga Coll, 1999).

Disfrute una vez que los racimos se esterilizan, pasan a los infructuosos donde se separan los frutos de la columna vertebral o la tusa; el desfrutador es un tambor en forma de jaula que gira sobre un eje central; los racimos para disfrutar pasan dentro del tambor y golpean repetidamente las barras longitudinales del mismo, acción que produce el desprendimiento de los frutos (Larrañaga Coll, 1999).

3.2.2. Digestión

Una vez que se han disfrutado los racimos, las frutas se vuelven a calentar y la pulpa se separa de las nueces mediante un proceso de maceración con la entrada de vapor, que juntas producen las paredes de las células que contienen el aceite en la fruta. romper, para que pueda ser fácilmente expulsado o extraído de las células rotas durante el proceso de extracción de prensado (Larrañaga Coll, 1999).

3.2.3. Prensado

Las frutas digeridas se presionan en una cesta cilíndrica perforada horizontal, donde, por la acción mecánica de dos tornillos sin fin con un paso hacia atrás y girando en la dirección opuesta, a través de los agujeros en la cesta, sale un licor o mezcla con un alto contenido de aceite o mejor conocido como licor de prensado y de la parte superior de los tornillos proviene la masa sólida también conocida como torta de prensado, compuesta básicamente de fibras, nueces y agua (Larrañaga Coll, 1999)**.**

3.2.4. Aclaración

Después del prensado, se agrega agua al licor de prensado para lograr la dilución, facilita la separación y purificación del aceite en la etapa conocida como clarificación, este licor contiene aceite, agua, lodo ligero (compuesto de pectinas y gomas) y lodo pesado (compuesto de tierra, arena y otras impurezas). Para lograr esta separación, se utiliza la característica de inmiscibilidad entre agua y aceite (Larrañaga Coll, 1999).

3.3. El proceso de clarificación se divide en dos partes:

Clarificación estática: en esta etapa se logra separar hasta el 90% del aceite contenido en el licor. Esto se logra por la decantación, en condiciones de temperatura que faciliten el desplazamiento de las partículas por la diferencia de densidades. El aceite se recoge por rebose y es bombeado hacia un proceso de secado (Larrañaga Coll, 1999)**.**

Clarificación Dinámica: en esta etapa se requiere para la separación un movimiento producido por una fuerza centrífuga, en el caso particular, haciendo uso para esto de una centrífuga deslodadora operando a altas velocidades y durante esta etapa se logra una recuperación de alrededor del 10% de aceite contenido en el lodo; el aceite y los lodos livianos, también conocido como recuperado de centrífuga, se recirculan hacia la clarificación estática junto con el licor de prensa; el agua y los lodos pesados (efluentes en esta etapa) salen por las boquillas o toberas y van hacia una etapa de tratamiento posterior (Larrañaga Coll, 1999).

- Secado: El aceite sale de la etapa anterior con un porcentaje de humedad e impurezas residuales que deben ser reducidas o eliminadas en lo posible; para lograr esto es sometido a una última etapa de secado en la cual se debe reducir la humedad del aceite (como mínimo entre 0,1 y 0.2%); para esto se utiliza un secador al vacío que opera entre 343,15 y 353,15 K, allí se evapora la humedad del aceite mediante un vacío de alrededor de 27,5 in Hg. El aceite de palma se bombea de esta etapa como producto final a su respectivo almacenamiento (Larrañaga Coll, 1999).

- Palmistería. En esta etapa se realiza la recuperación y acondicionamiento de la almendra o palmiste, contenido en la torta después del prensado, esta etapa se realiza en una planta de procesamiento de almendra ubicada posterior al proceso

de obtención del aceite de palma y no se tuvo en cuenta dentro del desarrollo del presente trabajo (Larrañaga Coll, 1999).

3.4. Características energéticas del aceite de palma.

Las propiedades de mayor cuidado e importancia en el estudio de una sustancia y su transformación son las energéticas, ya que en base a ellas es posible determinar la viabilidad de una reacción química y la cantidad total de calor que debe agregarse o eliminarse de la sustancia. sustancia. sustancia para alcanzar una cierta temperatura o estado de la materia. Por lo tanto, estas propiedades determinan el diseño del proceso, así como los costos asociados con él. En relación con los cambios de fase de la sustancia, algunas propiedades como la entalpía, los calores de fusión y la vaporización establecen la cantidad de calor necesaria para generar un cambio en el estado de la materia. El calor de fusión del aceite de palma es 84.8-93.4 J / g, de modo que, en relación con la composición química de la sustancia, es posible determinar que cuanto mayor sea la proporción saturada en el aceite, mayor será el calor requerido para la fusión it (Poling, 2004; American Palm Oil Council). Además, el calor de vaporización del aceite de palma es 26.27 J / g. Por su parte, la capacidad de calor mide la cantidad de energía necesaria para generar un cambio de temperatura por unidad de masa. De acuerdo con la determinación de Clark et al. (1946) en el rango de 25 <T <100 ° C para aceites no hidrogenados, la capacidad calorífica es 2.07-2.29 J / g ° C y tiene un comportamiento inversamente proporcional al índice de yodo del aceite. Algunos valores reportados por el autor son: aceite de palma, 1.76-2.15 J / g ° C; Aceite de higo, 1.92-2.13 J / g ° C y aceite de soja, 1.82-2.15 J / g ° C. Estos valores reflejan una cierta similitud entre la cantidad de calor requerida para generar una variación de temperatura para diferentes aceites. Finalmente, entre las propiedades energéticas del aceite están el calor de la formación estándar y el calor de la combustión. El primero es una medida de la energía de unión de las moléculas de la sustancia y el segundo estima el calor necesario para oxidar por completo sus componentes en dióxido

de carbono. Con respecto a esto último, se encontró que mientras que para el aceite de canola el calor de combustión es 41.45 kJ / g, para la soja 40.98 kJ / g, para el aceite de oliva 39.31 kJ / g, y para el aceite de palma es aproximadamente 42.99 kJ / g , similar a otros aceites (Argeros, 1998). Por otro lado, el calor de formación del aceite de palma tiene un valor entre 1.84 * 109 -2.05 * 109 J / kmol, que es alto, debido a su alto peso molecular.

3.5. Energía y análisis energético

Cuando dos sistemas en diferentes estados entran en contacto, existe la oportunidad de generar trabajo al pasar de sus respectivos estados iniciales a un estado de equilibrio mutuo; si el proceso ocurre de manera reversible, el trabajo generado tiene el valor máximo y cuando las irreversibilidades están presentes durante el proceso, se disipa parte del potencial para generar trabajo que originalmente existía; por otro lado cuando uno de los sistemas es el ambiente y el otro es el sistema de interés, entonces, se conoce como exergía al trabajo máximo que en teoría podría obtenerse pasando el sistema desde su estado inicial al estado de equilibrio con el ambiente. poniendo a ambos en contacto; una vez que se especifica el entorno de referencia estable (AER), la exergía puede considerarse una propiedad del sistema de interés (Rodríguez & et al., 2002).

El balance de energía en estado estable se puede escribir en general como la exergía que ingresa al sistema igual a la suma de la exergía que sale, se destruye y se pierde del sistema respectivamente:

$$B_{Entra} = B_{Sale} + B_{Pierde} + B_{Destruye}$$

En ausencia de efectos nucleares, magnéticos, eléctricos y de tensión superficial, la exergía total de un sistema puede dividirse en cuatro componentes: exergía física, cinética, potencial y química (Rodríguez & et al., 2002).

$$B = B^f + B^p + B^c + B^q$$

En el análisis no se tuvo en cuenta las energías ni las exergías cinética y potencial respectivamente ya que se consideran despreciables, de manera que la exergía específica total de un flujo de materia se define por medio de dos componentes: la exergía química y física (Rodríguez & et al., 2002).

$$B = B^f + B^q$$

En un sistema la exergía física se calcula por medio de la siguiente relación:

$$B^f = (H - H_0) - T_0(S - S_0)$$

La exergía química del sistema es el potencial de generar trabajo que posee éste respecto al ambiente al pasar del estado "ambiental" a un estado no sólo de equilibrio termomecánico sino también químico; la exergía estándar de cualquier compuesto puede ser encontrada en la literatura, sin embargo, cuando este dato no está disponible, es posible calcularlo por medio de la aproximación expresada en la ecuación (Rodríguez & et al., 2002).

$$b^q = \Delta G_{F_0} + \sum N_i b_i$$

La exergía química de una mezcla es definida como la suma de las exergías químicas de las sustancias que la componen, más la contribución energética debido a la mezcla de las

sustancias en condiciones ideales; cómo se puede observar en la ecuación 6, usada por Pellegrini L., y otros autores en sus trabajos (Rodríguez & et al., 2002).

$$b_{mezcla}{}^{q} = \sum y_i \, \overline{b_i} + RT_0 \sum y_i \ln(y_i)$$

Es importante resaltar que para las fuentes de energía se definen los coeficientes de conversión de energía; en el caso de los combustibles (carbón, petróleo, gas natural), el contenido energético es estimado multiplicando el poder calorífico neto por un coeficiente apropiado; este coeficiente puede ser usado para estimar la energía química de cualquier combustible a partir de su poder calorífico o entalpía, además, el coeficiente energético de la electricidad es considerado igual a 1; por lo tanto, 1 KJ de energía eléctrica corresponde a 1 KJ de flujo energético (Rodríguez & et al., 2002)**.**

La energía asociada a la transferencia de energía en forma de calor depende de la temperatura a la que se produce en relación con la temperatura del AER.

$$B_{calor} = \sum (1 - \frac{T_0}{T}) Q$$

La destrucción de la energía se debe a la presencia de irreversibilidades durante el proceso y también está relacionada con la generación de entropía por la siguiente ecuación conocida como teorema de Gouy-Stodola (Rodríguez & et al., 2002).

$$B_d = T_0 S_{gen}$$

Se define la eficiencia energética () como la proporción entre el producto y el recurso de un sistema expresados en términos de la exergía; el producto BP se refiere al resultado

deseado producido por el sistema y el recurso Br se refiere precisamente a los recursos utilizados para generar el producto (Rodríguez & et al., 2002).

Propiedades termodinámicas calculadas

Propiedad TAG's	PPP	POP	POO	POL	PLP	OOO	PSP	LaLaM	LaLaLa	LaLaO	LaMM	CCLa
PM	807,3	833,3	859,3	857,3	831,3	885,4	861,4	667,0	639	721,1	695,1	582,8
Tc (K)	899	900	905	905	900	910	905	866	859	878	872	866
Pc (bar)	5,09	4,94	4,81	4,84	4,98	4,68	4,77	6,24	6,54	5,77	5,97	7,23
Vc(cm3/mol)	2920	3015	3105	3085	2995	3195	3125	2373	2263	2574	2484	2043
W	1,67	1,7	1,72	1,72	1,7	1,74	1,72	1,55	1,52	1,6	1,58	1,45
Zc	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,21	0,2	0,2	0,2

Fuente: Energy analysis of sugarcane bagasse gasification (2014)

Condiciones de operación para cada etapa del proceso.

	Esterilización	Desfrutamiento	Digestión	Prensado	Decantación	Centrifugación	Secado
Presión	275,79 kPa	101,3 kPa	101,3 kPa	111,3 kPa	101,3 kPa	101,3 kPa	-27,5 inH
Temperatura	443,15 K	343,15 K	368,15 K	368,15 K	365,35 K	358,15 K	363,15 K

Fuente: Energy analysis of sugarcane bagasse gasification (2014)

Energía química de algunos compuestos

Compuesto	kJ/mol	Compuesto	kJ/mol
Agua (Liquida) [a]	0,9	**Ácido Oleico** [e]	11239,16
Vapor [b]	9,5	**Sílice** [d]	1,9
Vapor [e]	9,34	**Sílice** [e]	2,2
Ácido Palmítico [b]	10031,62	**Tripalmitina** [e]	31948,55
Ácido Palmítico [c]	10277,39	**Trilaurina** [e]	889,62
Ácido Palmítico [e]	10089,06	**Celulosa** [e]	2749,9

Fuente: Energy analysis of sugarcane bagasse gasification (2014)

Propiedades reportadas por el simulado

CORRIENTES	PRESIÓN (kPa)	TEMPERATURA (K)	ENTALPÍA ESPECÍFICA (kJ/kmol)	ENTROPÍA ESPECÍFICA (kJ/ kmol*K)
RFF	101,35	303,2	-262.759,5	-133,19
VAPOR SATURADO	420,85	420,8	-23.769,2	-44,98
RAQUIS	101,35	343,2	-234.943,4	-116,69
TORTA DE PRENSA	101,35	368,2	-270.294,9	-142,08
ACEITE DE PALMA	101,35	365,4	-65.122,39	83,27

Fuente: Energy analysis of sugarcane bagasse gasification (2014)

En este caso, se mejora la calidad del RFF (123,89 MJ/kg aceite) para producir aceite de Palma (191,42 MJ/kg aceite). También es posible apreciar que la exergía contenida en las corrientes de descarga de vapor y condensados no se aprovecha en la planta de beneficio, emitiéndose al ambiente. Los lodos pesados resultantes de la clarificación tienen un contenido energético de 1,55 MJ/kg de aceite, el cual es aprovechado en un proceso posterior de tratamiento de efluentes para la recuperación de aceite residual. Éste se ejecuta con el propósito de disminuir la carga orgánica que es emitida al ambiente y cumplir con la normatividad ambiental aplicable para esta industria (Larrañaga Coll, 1999).

Los raquis o tusas son los subproductos del proceso que presentan el valor más importante energéticamente, lo que representa 44,22 MJ/kg de aceite; y esto es la mitad de la exergía de la corriente de frutos aproximadamente, que continúa en el proceso. Aunque posteriormente son tratados y usados para el acondicionamiento de suelos, es posible, entonces, analizar la conveniencia de aplicar este trabajo en la producción de bioetanol, tomando en cuenta que están constituidos de material lignocelulósico (celulosa, hemicelulosa y lignina); es decir, se evidencia su potencial uso para producir azúcares simples.

Exergía destruida de las principales etapas

Etapa del proceso	Exergía destruida MJ/kg aceite	% de exergía destruida	Eficiencia Exergética (%)
Esterilización	31,57	21%	80
Desfrutamiento	18,13	12%	57
Digestión	33,40	23%	71
Prensado	57,52	39%	57
Clarificación	3,69	3%	97
Secado	2,68	2%	99
Total	146,99	100%	

RESULTADOS

El análisis muestra que en la etapa de esterilización se pierde el 21% de la exergía total destruida durante el proceso, también se aprecia que esta etapa tiene una eficiencia energética del 80%, esto podría indicar aproximadamente que se cumplen de una manera. la esterilización es aceptable, aunque hay un considerable desperdicio de energía útil.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que los autoclaves se cierran herméticamente, evitan cualquier tipo de fuga y dan un uso alternativo a las corrientes de descarga de condensados y residuales, para minimizar las pérdidas de energía en los alrededores.

La mejora de esta etapa podría contribuir a una reducción en el consumo de vapor, ya que esta etapa requiere aproximadamente el 50% del total requerido por la planta, aproximadamente 400 kg de vapor / tonelada de fruta.

La inutilidad es que la etapa tiene la eficiencia energética más baja junto con el prensado, debido al contenido de aceite que puede estar impregnado en la columna vertebral y / o en las frutas que no se pueden separar.

Además, es posible estimar que la energía destruida se debe no solo a la pérdida del producto sino también a las pérdidas debidas a la transferencia de calor al exterior y al impacto de los grupos en el tambor giratorio. Por otro lado, la clarificación es la etapa que tiene una eficiencia energética del 97%.

Este resultado se debe a la correcta purificación del licor de prensa de los elementos indeseables y lograr recuperar la máxima cantidad posible de aceite. Los procesos irreversibles son del orden del 3% del total de la exergía destruida en la operación, probándose que las operaciones de clarificación y el secado predominan como las dos etapas con más eficiencia en el proceso.

CONCLUSIONES

Se debe distinguir la finalidad principal del tratamiento térmico, que es la destrucción de los microorganismos por el calor, como son los fines precisos de la pasteurización y la esterilización, a diferencia del escaldado y la cocción, donde la reducción de la flora microbiana es mínima. Las diferencias que existen en la aplicación de técnicas para el procesamiento térmico de los alimentos, se deben principalmente a la naturaleza del alimento y del envase, lo que determina la aplicación de la relación temperatura - tiempo.

El tratamiento térmico debe estar enfocado a destruir las esporas de la bacteria anaerobia patógena más termorresistente, que para los productos poco ácidos es Clostridiumbotulinum. Si se pretende producir alimentos sin comprometer la salud pública, será necesario que para la probabilidad de supervivencia aceptada para los microorganismos patógenos sea muy baja; ya que nunca se puede garantizar la destrucción total de la flora microbiana presente en un alimento.

Para alimentos poco ácidos se recomienda que esta probabilidad sea de 10 - 12 o mayor, con el que se consigue un 99.99 % de destrucción de los microorganismos iniciales. ~ La eficiencia de un tratamiento térmico para un determinado alimento se consigue, ajustando los parámetros de forman que se consigan los resultados deseables y se minimicen los indeseables.

El proceso de esterilización se aplican a los alimentos antes ó después de su envasado, requiriéndose en cada caso tecnologías diferentes.

En este estudio se realizó la evaluación energética del proceso de extracción de aceite de palma africana (Elaeis guineensis Jacq) llevado a cabo en una planta extractora real, se estimaron las irreversibilidades del proceso en 993,1 GJ/h teniendo como base 6.756 kg/h de aceite extraído a partir de 30.000 kg/h de racimo de fruto fresco.

A partir del análisis energético se identificó la localización y magnitud de los principales sumideros de energía (relacionados con mayores pérdidas de energía útil) siendo el prensado y la digestión las etapas que presentan las mayores pérdidas energéticas de 388,7 y 225,7 GJ/h respectivamente.

Mediante la metodología aplicada, se evaluó la eficiencia energética para cada una de las etapas del proceso siendo el secado y la clarificación las que sobresalen con un 99 y 97% respectivamente. Se compararon los valores obtenidos mediante el teorema de Gouy-Stodola con los resultados del balance energético, encontrándose un alto grado de convergencia entre ellos.

Bibliografía

Larrañaga Coll, I. (1999). *Control e higiene de los alimentos.* Madrid: McGraw-Hill,.

Bustamante, C. (2011). *Herramientas de gestión financiera.* Perú: Primera edición.

Espinoza, S. A. (2003). *Preparación y evaluación de proyectos.* Perú: Cuarta edición.

KOTLER, P. &. (2007). *Marketing Versión para Latinoamérica.* México: Décimo Primera edición.

Perreault, M. y. (1996). *Marketing teoría y práctica.* España: Undécima edición.

Rodríguez, F., & et al. (2002). *Ingeniería de la industria alimentaria.* Madrid: SINTESIS.

Smith, J., Van Ness, H., & Abbott, M. (2007). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química.* México: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Aguado J.. (2013). Ingeniería de la Industria alimentaria, volumen !Conceptos básicos, Madrid, España: Editorial Síntesis S.A. Transferencia de calor, p 230.

Aguado J.. (2014). Ingeniería de la Industria alimentaria, volumen III. Conservación de alimentos, Madrid, España: Editorial Síntesis.

Bernal, F. (2013) El cultivo de la palma de aceite y su beneficio - Guía general para el nuevo palmicultor. Fedepalma y Cenipalma, Bogotá.

Cosp A. y Abril J. (2014). Procesos de conservación de alimentos. Edit. Mundi-Prensa. Madrid-España. p. 127- 231

Desrosier N.W. (2014). Conservación de alimentos, México: Editorial CECSA,Trigésima reimpresión.

Fellows P. (2014). Tecnología del proceso de los alimentos: principios y prácticas. Edit. Acribia. Zaragoza- España.

Geankoplis C. (2016).Procesos de transporte y operaciones unitarias, México:Editorial CECSA, 3era. edic.

Larrañaga I, Carvallo J, Rodríguez M. y Fernández J. (2016). Control e higiene de los alimentos. Edic. 1 a. Edit. McGraw Hill. Madrid -España. pp 191 -201.

Rodoreda, R., M. (2013), Análisis exergético de una central termoeléctrica de ciclo de vapor, Tesis pregrado, Universidad de las Américas Puebla, México, 2005

Rodríguez A. (2013). Ingeniería de la industria alimentaria vol. III Operaciones de conservación de alimentos, Madrid, España: Editorial Síntesis S.A

Rojas, I., (2013), Análisis de Exergía en dos puntos críticos en una industria productora de harina de pescado. Tesis de Maestría, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico, 2005.

Singh P. y Heldman D. (2018). Introducción a la ingeniería de los alimentos. Edic. 2a. Edit Acribia. Zaragoza-españa. p. 245-265.

Velasquez Araque L. (2015) Conceptos básicos de la Termodinámica. Termodinamica I. Facultad de Ingenieria Quimica. Universidad de Guayaquil.