

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS GENERADOS EN LOS RESTAURANTES Y COMIDAS RÁPIDAS DE PEREIRA.

Utilization of fatty waste generated in the *Restaurants and Fast Food* in Pereira.

RESUMEN

En la ciudad de Pereira existen alrededor de 641 establecimientos comerciales los cuales generan 18.773 L/mes de grasas, convirtiéndose esto, en un problema para su manejo y/o disposición, es necesario entonces ejercer un control sobre el manejo que se le debe dar a este tipo de residuos, pero al mismo tiempo surgen interrogantes, como: *¿Qué hacer con estos residuos?*, *¿Como debería ser su manejo?*, *¿Sería posible tratarlos o aprovecharlos?*, el desarrollo de la investigación pretende dar respuesta a estos interrogantes, además de definir las alternativas de aprovechamiento de las grasas y aceites usados.

PALABRAS CLAVES: *Alternativas de aprovechamiento, establecimientos comerciales, manejo y/o disposición de grasas, control de vertimientos.*

ABSTRACT

In the city of Pereira, there are about 641 commercial establishments which generate 18,773 L / month of fat, making this a problem for management and / or disposal, it is then necessary to exercise control over the management that should be given to this waste, but at the same time raising questions as: What to do with this waste?, how it should be handling?, is it possible to treat or use them?, development research aims to answer these questions, addition to defining the alternative uses of fats and oils with their respective considerations.

KEYWORDS: *Alternative uses, commercial establishments, management and / or disposal of fats, dumping control.*

1. INTRODUCCIÓN

Los desechos provenientes de la trampa de grasa de restaurantes, son ricos en grasas animales y vegetales como también de aceites los cuales son considerados sustancias problemáticas tanto en el sistema de tratamiento de las aguas residuales como en el tratamiento de residuos sólidos debido a las características de estos compuestos, en muchos países se ha prohibido su disposición en vertederos a cielo abierto debido a que su proceso de degradación es lento y al ser mezclados con los lixiviados se hace difícil su eliminación.

Hoy día, la mayor parte del aceite de cocina es usado y vertido en el sistema de alcantarillado de las ciudades, este procedimiento trae consigo diferentes aspectos negativos, entre ellos se observan como los aceites y las grasas pueden causar la obstrucción de las tuberías por la formación de una película en las paredes internas, lo cual contribuye a la reducción del diámetro eficaz de la tubería del alcantarillado, además se debe tener en cuenta que si estos aceites alcanzaran a llegar a las plantas de tratamiento de aguas residuales generarían una alteración

en las operaciones normales, aumentando los costos de mantenimiento, y si por el contrario estas son vertidas directamente a un cuerpo de agua se estaría aumentando la carga contaminante que este podría depurar.

Hace unos años, estos residuos se utilizaban como alimento para los animales, pero después de realizadas pruebas de laboratorio, se determinó que los aceites eran expuestos a altas temperaturas lo que generaba que este tipo de compuestos tuviera propiedades cancerígenas afectando de manera notoria a los animales.

Constantemente en los establecimientos comerciales se están generando subproductos (*grasas y aceites usados*) debido a sus procesos productivos, razón por la cual se hace necesario ejercer un control sobre el manejo que se le debe dar a este tipo de residuos, pero al mismo tiempo surgen diferentes interrogantes, tales como: *¿Qué hacer con estos residuos?*, *¿Como debería ser su manejo?*, *¿Sería posible tratarlos o aprovecharlos?* o si por el contrario *¿Podrían tener un valor agregado?*, el desarrollo de la investigación pretende dar respuesta a estos interrogantes, además de definir posibles alternativas para el aprovechamiento y/o manejo de las grasas y aceites usados en los establecimientos

CÉSAR ANDRÉS PINEDA RODRÍGUEZ

Ingeniero Ambiental,
M.Sc. (c) Ecotecnología
Universidad Tecnológica de Pereira
andres3586@hotmail.com

JHONIERS GUERRERO ERAZO

Ingeniero Sanitario, M.Sc., Ph.D.
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica de Pereira
jhguerre@utp.edu.co

comerciales (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), permitiendo identificar de esta manera una posible solución a una necesidad insatisfecha.

2. DIAGNOSTICO DE LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES Y DE LOS DISTRITOS SANITARIOS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA

En la ciudad de Pereira existen alrededor de 641 establecimientos comerciales con una generación de grasas de 18.773 L/mes, los cuales se encuentran distribuidos en nueve (9) distritos, en el Tabla 1, se indican los distritos con sus respectivos números de establecimientos.

Tabla 1. Número de Establecimientos por Distrito en la ciudad de Pereira

Distrito	Nº de Establ.	Cant. Grasas L/Mes	Porcentaje de Grasas por Distrito (%)
Otún	190	5.727	31
Egoyá	205	5.692	30
Alivio Egoyá	21	591	3
Arenosa	82	2.843	15
Dulcera	46	1.164	6
Consota	48	1.104	6
Oso	19	674	4
Q. Varias	4	172	1
Nocturnos	26	806	4
TOTAL	641	18.773	100

Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A E.S.P/ Grupo de Control de Vertimientos

Dentro de los establecimientos identificados en la ciudad de Pereira se encuentran los siguientes: *Restaurantes*, *Comidas Rápidas*, *Clinicas*, *Hospitales*, *Cafeterías*, *Estaciones de Servicio*, *Heladerías*, *Hogares Infantiles*, *Institutos*, *Colegios*, *Hoteles*, *Guarderías*, *Industrias*, *Lavautos* y *Panaderías*, de igual forma se identificaron también los siguientes distritos: *Otún*, *Egoyá*, *Alivio Egoyá*, *Arenosa*, *Dulcera*, *Consota*, *Oso*, *Quebradas Varias* y *Distritos Nocturnos*, estos dos últimos denominados así por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A E.S.P

2.1 ESTABLECIMIENTOS Y DISTRITOS SANITARIOS SELECCIONADOS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para efecto de la investigación se tuvieron en cuenta los establecimientos de *Restaurantes* y *Comidas Rápidas*, debido a que se desea aprovechar los aceites vegetales y grasas animales allí utilizados.

Se definieron también los siguientes distritos: *Otún*, *Egoyá*, *Arenosa* y *Dulcera*, como los de mayor número de establecimientos y de mayor producción de grasas por

mes, en la Tabla 2, se muestran los distritos seleccionados con sus respectivas cantidades de grasas generadas.

Tabla 2. Distritos Seleccionados para la Investigación

Distrito	Nº de Establ.	Cant. Grasas L/Mes	Porcentaje de Grasas por Distrito (%)
Otún	190	5.727	37
Egoyá	205	5.692	37
Arenosa	82	2.843	18
Dulcera	46	1.164	8
TOTAL	523	15.426	100

Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A E.S.P/ Grupo de Control de Vertimientos

Definidos los distritos y las procedencias (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), el paso a seguir, fué identificar cuantos establecimientos existían y la cantidad de grasa generada, de acuerdo a cada uno de los distritos sanitarios seleccionados para la investigación, en la Tabla 3, se indican según el tipo de establecimiento.

Tabla 3. Generación de Grasas por tipo de Establecimiento

Tipo de Establ.	Nº de Establ.	Total de Grasas (L/mes)
Restaurantes	214	7.777
Comidas Rápidas	85	2.536
TOTAL	299	10.313

Fuente: Elaboración Propia

Con base a los datos consignados en la Tabla 3, allí se indica la cantidad de grasa generada por los dos tipos de establecimientos, (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), quiere decir entonces que 10.313 L/mes de grasas equivalen a el 54,93% del total de las grasas (18.773 L/mes), generadas en la ciudad a partir de los nueve (9) distritos ya mencionados, de igual forma 10.313 L/mes equivalen a el 66,85% del total de las grasas generados en los cuatro (4) distritos seleccionados para la investigación.

3. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS GRASAS Y ACEITES GENERADAS EN LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

Durante la investigación se plantearon cuatro (4) alternativas de aprovechamiento de los residuos generados en las trampas de grasas de los establecimientos comerciales de Pereira, a continuación se indican cuales fueron: *Betún*, *Biodiesel*, *Cera para Muebles* y *Jabón*.

3.1 DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS

3.1.1 Crema Lustradora de Zapatos (*Betún*)

La fabricación de betún es un proceso químico donde los productos que se utilizan en su elaboración son *ceras, aceites, grasas, pigmentos y disolventes*. Estos productos se calientan y se mezclan para obtener la proporción adecuada, luego de la mezcla se vierte dentro de recipientes, logrando con esto un cambio en su estado, es decir cambia de estado líquido a sólido, luego de este proceso, el *betún* se encuentra listo para su comercialización.

3.1.2 Biodiesel (*Combustible Alternativo*)

Desde hace más de un siglo, se han desarrollado en gran medida investigaciones referentes al tema del combustible diesel, no sólo en el diseño sino también en encontrar un combustible apropiado. Por muchos años, la disponibilidad de los combustibles derivados del petróleo eran considerables, lo que permitía acceder a ellos de una manera más fácil por lo que no eran tan costosos como lo son ahora, esto proporcionó poco interés para experimentar con alternativas de combustibles renovables para motores diesel.

Sin embargo, desde la crisis petrolera de los años 1970, se generó un gran interés por la investigación, permitiendo así tener un conocimiento un poco más amplio en el área de combustibles alternativos. *El metanol, el etanol, el gas natural comprimido (GNC), el gas licuado de petróleo (GLP), el gas natural líquido (GNL), los aceites vegetales y la gasolina reformulada*, han sido considerados todos como combustibles alternativos.

De estos combustibles alternativos, sólo el etanol y los aceites vegetales son *combustibles no fósiles*, investigadores han concluido que el *aceite vegetal* y las *grasas animales* podrían llegar a ser una promesa de combustibles alternativos para motores diesel, debido a su *volatilidad baja* y al alto *número de cetano* que contienen, lo que permite generar la chispa necesaria para encender estos motores.

No obstante, el uso de aceites vegetales sin ser procesados para motores diesel pueden causar problemas relacionados con el motor, debido a la viscosidad que contienen; estos problemas se evidencian en la formación de residuos los cuales son conducidos a los depósitos en el motor, pero estos efectos pueden ser reducidos o ser eliminados por el proceso de *transesterificación* donde el aceite vegetal se transforma a un *éster*, dando paso a la optimización del combustible.

En el proceso de transesterificación se remueve la glicerina de los triglicéridos y se sustituye por el alcohol usado para el proceso de conversión, este proceso disminuye la viscosidad, pero mantiene el *número de cetano* y el *poder calorífico*.

3.1.3 Cera para Muebles

La elaboración de cera para muebles se lleva a cabo con la mezcla de los siguientes insumos: *grasas y aceites usados, cera de abejas, trementina y aceite mineral*; disueltos los productos, estos deben ser calentados y después deben ser dejados a temperatura ambiente para que se solidifique el producto final y así conseguir que la cera tenga una buena consistencia y pueda a su vez proporcionar un buen brillo.

3.1.4 Jabón

Los aceites vegetales, como el aceite de coco o de oliva, y las grasas animales, como el sebo, son ésteres de glicerina con ácidos grasos, por eso cuando son tratados con una base fuerte como *sosa o potasa* se saponifican, es decir producen la sal del ácido graso conocida como jabón y liberan glicerina. En el caso de que la saponificación se efectúe con *sosa (soda caustica)*, se obtendrán los jabones de sodio, que son sólidos y ampliamente usados en el hogar. En caso de hacerlo con *potasa*, se obtendrán jabones de potasio, que tienen consistencia líquida.

Las grasas y aceites usados, son compuestos de glicerina y de un ácido graso, como el *ácido palmítico* o el *esteárico*, cuando estos compuestos se tratan con una solución acuosa de un álcali, como el *hidróxido de sodio*, se descomponen formando la *glicerina* y la *sal de sodio* de los ácidos grasos.

4. METODOLOGÍA

Las grasas y aceites provenientes de establecimientos comerciales, fueron clasificadas de la siguiente manera: *Restaurantes, Comidas Rápidas* y por último se realizó una *Integración* de las grasas y aceites es decir: *Restaurantes + Comidas Rápidas*, obteniendo con esto tres diferentes procedencias, estas procedencias a su vez, fueron evaluadas de acuerdo con cada una de las alternativas ya mencionadas.

Para el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo los siguientes pasos metodológicos:

4.1 TOMA DE MUESTRAS

Durante la toma de muestras se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: *periodo de mantenimientos de las trampas de grasas y estado de las grasas y aceites en la trampa de grasa*, debido a que en ocasiones, largos

periodos de mantenimiento incide en la calidad de las grasas y aceites para la obtención de los diferentes productos. Se tomaron las muestras de grasas y aceites con la menor cantidad de agua y sedimentos posible, luego de ser recolectadas las muestras estas fueron refrigeradas y filtradas para su posterior aprovechamiento.

4.2 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Luego que las muestras de grasas y aceites de *Restaurantes* y *Comidas rápidas*, fueran refrigeradas, el paso a seguir fué la filtración de las mismas, este paso se hace necesario debido que en el se busca separar los sedimentos (*restos de comida*), los cuales contribuyen a que las grasas se descompongan rápidamente, y así incidan en la calidad de la materia prima.

La filtración consiste en hacer pasar las *grasas* y *aceites usados* a través de un filtro, para este caso se utilizó *muselina (tela para cortinas)*, debido que tiene orificios pequeños permitiendo el paso de la *emulsión (grasa-agua)*, e impidiendo que los sedimentos sigan presentes en las muestras, de esta forma se garantiza que las *grasas* y *aceites usados* se no descompongan rápidamente y también ayude a disminuir el olor generado por cada una de las procedencias.

El tiempo requerido para la filtración de las *grasas* y *aceites usados* varia dependiendo la procedencia, es decir, para filtrar el material graso de los *Restaurantes*, se hace necesario un tiempo de *20 min*, mientras que para el material graso de *Comidas Rápidas*, se toma alrededor de *40 min*, esto debe a la mayor cantidad de sedimentos (*restos de comida*) presentes en la muestra, haciendo que el proceso de filtración sea más complejo para la obtención de la emulsión (*grasa-agua*), como materia prima para su posterior tratamiento.

Separados los sedimentos de las grasas, *se debe* romper la emulsión formada por los *aceites* y *grasas usados* con el *agua*, esta se logra a través de calor por medio de un *baño de maría*, a una temperatura de *65°C*, y con un tiempo de alrededor de *40 a 50 min* dependiendo la procedencia, en este punto las grasas se encuentran listas para la elaboración de los diferentes productos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las grasas y aceites usadas de cada una de las procedencias (*Restaurantes*, *Comidas Rápidas* e *Integrada*), fueron sometidas a las siguientes pruebas: *Densidad*, *Índice de Refracción*, *Humedad*, *Acidez*, *Índice de Saponificación*, *Índice de Yodo*, *Índice de Peróxidos* y *Grasas y Aceites*, en las Tablas 4 y 5 se muestran los datos de los parámetros que tienen una mayor incidencia en la calidad de la materia prima para la obtención de cada una de las alternativas.

Tabla 4. Datos de Humedad (%)

Restaurantes	Comidas Rápidas	Integrada
R ₁ = 0,39%	C ₁ = 9,82%	I ₁ = 1,03%
R ₂ = 0,30%	C ₂ = 8,91%	I ₂ = 1.01%
Prom = 0.34%	Prom = 9,36%	Prom = 1.02%

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Tabla 4 se muestran los *porcentajes de humedad* para cada una de las procedencias, donde la procedencia de *Restaurantes* es la que presenta una menor cantidad de agua en las grasas y aceites usados, seguida por la procedencia *Integrada* y por ultimo la de *Comidas Rápidas* la cual presenta la mayor cantidad de agua en las grasas y aceites usados.

Tabla 5. Grasas y Aceites (Porcentaje de Aprovechamiento)

Restaurantes	Comidas Rápidas	Integrada
100%	61,14%	60,5%

Fuente: *Elaboración Propia*

La Tabla 5 indica los porcentajes de *grasas* y *aceites* para cada una de las procedencias establecidas, los valores allí consignados muestran cuanto se puede aprovechar del material graso luego de que las muestras son filtradas.

Con base en los datos de *Humedad* y *Grasas y Aceites*, se identificaron los productos que se pueden obtener de acuerdo a las características de cada una de las procedencias, en la Tabla 6 se indican los productos.

Tabla 6. Obtención de los productos de acuerdo a las procedencias

Procedencias / Productos	Rest.	Com. Rápidas	Integrada
Cera para Muebles	X	X	X
Betún	X	X	X
Biodiesel	X		
Jabón		X	X

Fuente: *Elaboración Propia*

Como se muestra en la Tabla 6, se observa que para la elaboración de los productos no se hace necesario tener tres procedencias ya que con las grasas y aceites usadas de *Restaurantes* y *Comida Rápidas* se pueden elaborar la totalidad de los productos, sin embargo para algunos de los productos tales como el *Biodiesel* y el *Jabón*, estos deben elaborarse con las procedencias establecidas, en el caso del *Biodiesel* este debe obtenerse a partir de grasas y aceites de *Restaurantes* ya que este tipo de material graso contienen una *menor cantidad de agua* lo cual garantiza que se lleve acabo la reacción de *transesterificación* y no

la de *saponificación*, esta última se desarrolla debido a la presencia de agua en el material graso, obteniendo entonces *jabón* como producto final y no el *biodiesel* que es lo esperado.

5.1 Pruebas Microbiológicas

Estas pruebas fueron realizadas a las grasas y aceites usados de *Restaurantes* y *Comidas Rápidas*, después de que fueron filtradas, como también a los siguientes productos: *Cera para Muebles*, *Betún* y *Jabón*, se realizaron diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , la técnica utilizada fue *Recuento en Placa Profunda* y se evaluaron *Aerobios Mesófilos*, *Mohos* y *Levaduras*. Se incubaron a 37°C *Aerobios Mesófilos* y *Mohos* y *Levaduras* a 25°C .

5.1.1 Resultados de las Pruebas Microbiológicas

Fueron analizados microorganismos *Aerobios Mesófilos* para las procedencias *Restaurantes* y *Comidas Rápidas*, al igual que *Mohos* y *Levaduras*, allí se identificaron *levaduras* y *hongos* (antes de obtener los productos), con valores comprendidos entre 18×10^2 y 21×10^4 U.F.C/g, pero a su vez estos valores disminuyeron en cada una de las alternativas debido a que en el proceso de obtención se utilizó *calor* e *insumos químicos*, los cuales inhiben el crecimiento de estos microorganismos.

La flora bacteriana presente en las *grasas* y *aceites usados* de las procedencias *Restaurantes* y *Comidas Rápidas* se eliminaron a través de calor a una temperatura 65°C durante un tiempo de *30 min*.

Para cada uno de los productos se identificaron solo *levaduras*, esto se origina debido que al probar cada una de ellos con otra superficie (*agente externo*), se contaminaron al tener contacto, pero no por el producto; quiere decir entonces que ninguno de los productos *Betún*, *Cera para Muebles* y *Jabón*, tiene algún efecto al estar en contacto directo con la piel.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la ciudad de Pereira se identificaron *641 establecimientos comerciales* en *(9) distritos* los cuales producen *18.773 L/mes* de grasas, de los cuales el *54,93%* de las grasas equivalen a dos *(2)* tipos de establecimientos (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), fueron seleccionados estos establecimientos debido a que se desea aprovechar los *aceites vegetales* y *grasas animales*, para la obtención de las diferentes alternativas.

De acuerdo con las tres *(3)* procedencias establecidas para la obtención de las alternativas, se observó como solo con dos procedencias (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), se pueden obtener la totalidad de los productos, teniendo en cuenta que para la alternativa del *Biodiesel* se hace necesario obtenerlo a partir de grasas de *Restaurantes*, y para el *Jabón*, se debe entonces elaborar

a partir de grasas y aceites de *Comidas Rápidas*, aprovechando el contenido de agua que presenta este material graso.

No se hace necesario contar con una tercera procedencia es decir la *Integrada*, esta se elaboró con el fin de conocer si solo con una procedencia se podrían obtener todos los productos, y por el contrario no tener que clasificar las muestras, pero durante el desarrollo de la investigación se determinó que es mejor clasificarlas debido a que las *grasas* y *aceites usados* de *Restaurantes* y *Comidas Rápidas* son diferentes en su composición y por tal motivo, la calidad de los productos pueden variar dependiendo la materia prima que se utilice para la obtención de los productos.

En el momento de la toma de las muestras es necesario que las trampas de grasas estén por un periodo no mayor de cuatro días *(4)* sin hacerle mantenimiento, con el fin de recoger la mayor cantidad de grasas generadas en los establecimientos comerciales (*Restaurantes* y *Comidas Rápidas*), además al momento de ser recolectadas las grasas se deben tomar con un *colador* el cual permite no solo retirar las grasas sino también que el agua presente en los sedimentos.

La filtración es un factor fundamental en la obtención de los productos, debido a que en ella se logran retirar los sedimentos (*restos de comida*), y parte del agua que tienen las grasas y aceites luego de la toma de las muestras en los establecimientos, al ser retirados los sedimentos se garantiza que las grasas y aceites no se descompongan tan rápido, logrando de esta manera aprovechar una mayor cantidad de este material graso.

Los sedimentos (*restos de comida*), después de la filtración pueden ser utilizados como enmienda para suelos en caso de que se desee aprovecharlos, o por el contrario se podrían disponer en el relleno sanitario ya que este tipo de material es rico en nutrientes (*N,P, K*), y no generarían alguna incidencia en el lugar de la disposición final.

Se recomienda que al momento de tomar las grasas y aceites de las trampas de grasas, se realice antes de que sean lavados los utensilios de las cocinas, debido que la presencia de jabón en las grasas afectan la calidad del material graso, razón por la cual se hace necesario hacerlo lo más pronto posible, en horas de la mañana.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] G. Lemus, A. Lau, R. Branion, and K. Lo, Bench scale study of biodegradation of grease traps sludge with yard trimmings or synthetic food waste via composting. Department of Chemical and Biological Engineering. The University of British Columbia. Vancouver Canada. Journal Environmental Engineering and Science 485-494, 2004.

- [2] M. Lapuerta, J. Fernández, and J. Fernández, Diesel particulate emissions from used cooking oil biodiesel. *Bioresource Technology* 99 (2008) 731–740, 2008.
- [3] M. Canakci, The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks. Department of Mechanical Education, Turkey. *Bioresource Technology* 98 (2007) 183–190. 2007.
- [4] J. Kabouris, U. Tezel, S. Pavlostathis, M., Dulaney J. Engelmann, R. and Gillette, A. Todd, Methane recovery from the anaerobic codigestion of municipal sludge and FOG, 2009.
- [5] W. Lan, G. Gang, and W. Jinbao, Biodegradation of oil wastewater by free and immobilized *Yarrowia lipolytica* W29. *Journal of Environmental Sciences* 21(2009) 237–242, 2009.
- [6] B. Peng, Q. Shu, J. Wang, G. Wang, D. Wang, and M. Han, Biodiesel production from waste oil feedstocks by solid acid catalysis. Beijing Key Laboratory of Green Chemical Reaction Engineering and Technology, Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China. *Process safety and environment protection* 86 (2008) 441–447, 2008.
- [7] J. Gerpen, Biodiesel processing and production. University of Idaho, Moscow. *Fuel Processing Technology* 86 (2005) 1097– 1107, 2005.
- [8] T. Issariyakul, M. Kulkarni, A. Dalai, and N. Bakhshi, Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system. *Catalysis and Chemical Reaction Engineering Laboratories*, Department of Chemical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. *Fuel Processing Technology* 88 (2007) 429–436, 2007.
- [9] J. Gerpen, Biodiesel processing and production. University of Idaho, Moscow. *Fuel Processing Technology* 86 (2005) 1097– 1107, 2005.
- [10] A. Demirbas. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. Turkey. *Energy Conversion and Management* 50 (2009) 923-927, 2009.