

PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE UNA FRACCIÓN DE LAS FIBRAS DE PRENSADO GENERADAS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA

RESUMEN – OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de la producción nutricional para animales y se refiere a un proceso de aprovechamiento de las fibras de prensado generadas durante la extracción de aceite de palma que consta de tres etapas fundamentales: i) La primera de ellas se basa en la separación mediante métodos físicos de una fracción de las fibras de prensado resultantes de la extracción del aceite de palma, donde dicha fracción corresponde a un material granulado compuesto por residuos de las celdas que contienen el aceite de palma y un material fibroso muy fino; ii) La segunda etapa corresponde al acondicionamiento del producto, en donde es necesario llevar a cabo un proceso de secado (con el fin de reducir la humedad y concentrar las propiedades nutricionales), seguido de los procesos de empaquetamiento y almacenamiento; iii) La tercera etapa es la aplicación del producto como suplemento dietario a diferentes especies como lo son los animales de engorde, rumiantes entre otros.

SECTOR: Ingeniería química. Ingeniería de alimentos.

Clasificación internacional de patentes: A23K 1/14 (Alimentos para animales; métodos especialmente adaptados para su producción a partir de materias vegetales)

PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE UNA FRACCIÓN DE LAS FIBRAS DE PRENSADO GENERADAS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA

ANTECEDENTES TÉCNICOS

La industria palmera se desarrolla actualmente en diferentes países de África, América y Asia, siendo hoy en día el cultivo de mayor producción de aceite por hectárea sembrada en el mundo, permitiendo vincular a distintas poblaciones marginadas dentro del proceso productivo, y así mismo favoreciendo el incremento efectivo de los productos provenientes del proceso de extracción de aceite.

Y es que en efecto, el aceite contenido en el fruto producido por la palma cuenta con una serie de propiedades particulares que lo han convertido en el líder actual de la provisión de aceites y grasas del planeta, y adicionalmente es una de las materias primas con mayor versatilidad de usos y aplicaciones en diferentes campos de producción.

En este punto resulta importante destacar que la palma africana produce cierta cantidad de racimos como consecuencia del proceso de reproducción de la misma, los cuales se cortan directamente de la planta. Dichos racimos están conformados por los frutos (los cuales representan alrededor del 65% en peso del racimo y contienen el aceite) y por el raquis, un material caracterizado por ser altamente fibroso encargado de sostener y darle soporte a los frutos, estos últimos estando a su vez compuestos por una pulpa llamada mesocarpio que corresponde al 50% del racimo, una nuez que está constituida por un cuesco que es el 9% y una almendra que es el 6%.

Ahora bien, el proceso de extracción del aceite contenido en los frutos de la palma requiere la implementación de plantas de beneficio, de manera que en una planta convencional los racimos son cocinados a altas temperaturas en tanques esterilizadores con el fin de inactivar enzimas propias del fruto que afectan la calidad del aceite a extraer, y adicionalmente para contribuir con la separación entre el fruto y el raquis.

Acto seguido, todo el material atraviesa un tambor desfrutador que permite que los frutos se desprendan completamente del racimo y sean más fáciles de manipular, luego de lo cual pasan a un digestor donde se maceran y se acondicionan para el proceso de extracción.

Ahora bien, teniendo en cuenta que el mesocarpio de los frutos es un tejido fibroso que está conformado por celdas que contienen aceite rojo, agua y cierta cantidad de lodos, el aceite se extrae de dichas celdas por métodos físicos que consisten

generalmente en el paso del fruto por una prensa de tornillo que lo comprime, obteniéndose a la salida de dicha prensa dos corrientes, una líquida y una sólida. La corriente líquida, conocida como licor de prensa, entra a una etapa llamada clarificación donde se busca recuperar y purificar la mayor cantidad de aceite rojo en el menor tiempo posible con la intención de mantener una buena calidad en el producto final.

De otro lado, la corriente sólida sale de la prensa por un transportador de torta que la dirige a una columna neumática desfibradora en donde la mayoría de la fibra es soplada hacia un ciclón cercano a la caldera para ser utilizada posteriormente como combustible.

Por su parte, las nueces salen por la parte inferior de la columna desfibradora a un tambor pulidor, donde se remueven pequeñas fibras adheridas al cuesco de la nuez, después son llevadas a silos de secado y a molinos rompedores para conseguir una mezcla triturada de cascarilla y almendra. Dichas cascarilla y almendra se separan por medios neumáticos e hidráulicos, y al separarlas la cascarilla se lava, se seca y almacena, para ser vendida o utilizada como combustible de calderas, mientras que con la almendra se realiza un procedimiento de secado, almacenamiento y prensado para obtener aceite de palmiste y una materia sólida conocida como torta de palmiste, la cual es utilizada frecuentemente como alimento para animales y se caracteriza por tener cierta cantidad de aceite residual.

Así entonces, es claro que el producto principal del proceso de extracción es el aceite rojo de palma, existiendo sin embargo subproductos de gran importancia debido a que contienen un alto valor agregado. Desafortunadamente, la producción de tales subproductos es mucho más baja que el aceite rojo ya que provienen de la almendra y no del mesocarpio, y porque además no todas las plantas extractoras de aceite tienen la capacidad económica para la instalación de una planta extractora de palmiste PKO en simultáneo.

Adicionalmente, los demás productos secundarios del proceso de extracción (fibra, cascarilla, lodos de tridecanter, cenizas de calderas, aceites de lagunas de oxidación, residuos de filtros, tamices y racimos vacíos) no representan para la gran mayoría de plantas extractoras una entrada de ingresos importante, tan sólo considerándose como fuentes de residuos que afectan de manera negativa el medio ambiente.

Sin embargo, debido a que las plantas extractoras tienen por objetivo procesar la totalidad de racimos entrantes, extraer aceite crudo y producir algún tipo de beneficio con las demás partes del racimo, se han buscado métodos que permitan convertirlos en productos con un valor comercial. En este sentido, una de las

soluciones que hoy en día implementan las plantas extractoras de aceite de palma es el uso de la fibra y los racimos vacíos como sustrato para la producción de compostaje, o como material para utilizar en las calderas y de esta manera obtener vapor sobrecalentado que pasa a través de un sistema de turbinas y produce energía eléctrica utilizable en la planta. Desafortunadamente, las opciones previas implican altos niveles de inversión y por ende no son usuales.

Y es que la fibra prensada como subproducto del proceso de extracción de aceite de palma representa entre el 13% y el 17% del total de un racimo de palma, caracterizándose además porque contiene entre un 6% y un 12% de aceite residual sobre fibra seca dependiendo de las condiciones del proceso de extracción, una humedad del 36% en peso y una capacidad calorífica de 2700 kCal/kg, características que hacen de dicha fibra la principal fuente de combustible para cualquier tipo de planta debido a que, teóricamente, las necesidades de vapor de una planta son de 500kg/Tm de racimo de fruto fresco (RFF) y a partir de 120 kg de fibra y 80 kg de cascarilla es factible suplir dicha demanda de vapor.

De acuerdo con lo anterior, en la mayoría de los casos dependiendo de la capacidad de la planta hay un exceso de fibra que representa un serio problema de residuos sólidos para las plantas extractoras.

Ahora bien, con base en lo anterior, diversos investigadores han implementado métodos tendientes a generar una aplicación adicional a dichos subproductos de la extracción del aceite de palma, tal como su uso como alimento para diferentes seres vivos.

En este sentido, animales tales como los cerdos, conejos, peces, rumiantes y bovinos, entre otros, requieren de condiciones dietarias específicas para obtener la energía que les permita llevar a cabo sus procesos metabólicos y por ende lograr el correcto funcionamiento del organismo. Dichas condiciones dietarias se observan a continuación:

Tabla 1. Análisis proximal de los alimentos balanceados para animales

ANIMAL	%PROTEIN A	% GRASA	% FIBRA	%HUMEDA D	% CENIZA
Trucha					
Engorde	34-42	2-10	3-8	12	9-12
Reproductor	34-45	2-10	5-6	13	10-12
Bagre					
Cría	30	4	6	12	12
Engorde	25	2	8	12	12
Reproductor	30	2	6	12	12
Bovinos-	16	2	8,5	13	7,5

Beceros en crecimiento					
Engorde	14	1,5-2	10-14	14	7
Lechero	16	2	12	15	8-12
Cerdos iniciación	17-20	2,5-3	3,5-4,5	12	6-7
Desarrollo	15-17	2	5-6	12	6-7
Engorde	12	2	5,5-6	12	6-7
Concentrado engorde	36	2	9	12	18
Reproductor	13-15	2	6-7	12	6-7
Reproductor lactante	14	2,5	9	12	6,5
Conejos	16-18	2-3	10-12	12	7-8
Reproductor	18	2	16	12	6
Pollos iniciación	20	2-3,5	5-6	12	6-7
Desarrollo	14-16	2	7	12	7
Engorde	21	2	6	12	6
Finalizador	16-19	2	5-6	12	7
Ponedor	16	2,5	5,5	12	13

En conexión con lo anterior, en el estado de la técnica se han desarrollado diferentes procesos y/o tratamientos para los subproductos de la extracción de aceite de palma. Así, por ejemplo, el documento titulado *“Oil-rich fibrous residue from african oil palm as basal diet of pigs; effects of supplementation with methionine”* divulga la aplicación en cerdos de cuatro dietas basadas en los residuos fibrosos ricos en aceite con el fin de determinar el proceso de crecimiento y de engorde de los animales seleccionados. Dichas dietas contenían además del residuo de palma mencionado, diferentes aminoácidos y vitaminas que potencializaban la nutrición de los animales.

Adicionalmente, el documento KR20140060124 utiliza la pulpa generada como subproducto en un proceso de producción de aceite de palma o el hidrolizado del mismo, o adicionalmente mezcla un material complementario para convertirlo en un concentrado de alimentación, en donde las tasas de hidratos de carbono, proteínas y grasas son bien ajustadas. Por lo tanto, un alto valor puede ser añadido a los subproductos producidos de forma continua en el proceso de

producción de aceite de palma, y los residuos se pueden reducir significativamente.

De acuerdo con lo anterior, si bien ya existen invenciones e investigaciones en el estado del arte que utilizan subproductos del proceso de extracción de aceite de palma como alimento en animales, es importante mencionar que uno de los principales obstáculos para la utilización de la fibra de mesocarpio como alimento es que tiene una pared celular de gran tamaño, con distintos componentes, composiciones y altos niveles de cenizas, de manera que, si bien dicha pared celular puede ser descompuesta por el sistema digestivo de los rumiantes, el tamaño de la pared celular es inversamente proporcional a la velocidad de reacción de las bacterias fibrolíticas que trabajan en los distintos estómagos de estos animales, provocando una digestión lenta e ineficiente.

En vista de esto, diferentes investigadores se han visto en la necesidad de implementar tratamientos con agentes químicos que contribuyan a reducir esta condición. Así, por ejemplo, el documento titulado *“Tratamiento y calidad nutritiva de subproductos fibrosos de palma de aceite”* establece que las mayores deficiencias nutricionales de estos residuos agroindustriales para poder ser bien utilizados en la alimentación de rumiantes son su alta indigestibilidad, determinada por los niveles de pared celular, y los bajos contenidos de nitrógeno, lo cual hace que sean degradados muy lentamente en el rumen del animal, con el consecuente bajo consumo. Debido a lo anterior, en dicho artículo se plantea someter tales residuos a algún proceso químico que modifique la estructura de sus paredes celulares y que además le provea alguna fuente de nitrógeno señalando a la amonificación como un tratamiento económicamente viable que mejora el valor nutritivo de la fibra y aumenta la digestibilidad de la materia seca. Sin embargo, el tratamiento propuesto afecta la pared celular de los residuos fibrosos, liberando algunos de los carbohidratos que la componen y permitiendo una fácil fermentación.

De esta manera, es evidente que a pesar de los esfuerzos hechos por diferentes investigadores en la técnica anterior, es absolutamente claro que aún existe la necesidad de diseñar procesos de aprovechamiento de los subproductos de la extracción de aceite de palma que permitan superar los inconvenientes técnicos mostrados y que por lo tanto permitan llevar a cabo un proceso adecuado de reutilización de dichos subproductos de manera eficiente, esto es, con el propósito de dar un valor agregado adicional al fruto de la palma *Elaeis guineensis*, además de mitigar el impacto ambiental de los residuos de las distintas plantas de beneficio.

Características básicas de la invención

Ahora bien, teniendo en cuenta las enseñanzas del estado de la técnica anterior y con base en los diferentes tratamientos y métodos hasta ahora conocidos que involucran los subproductos de procesos como la extracción de aceite de palma *Elaeis guineensis*, el solicitante de la invención en cuestión consideró que el aprovechamiento de una fracción de las fibras de prensado obtenidas de la extracción de aceite es una manera eficiente y novedosa de darle un valor agregado al proceso de extracción de aceite de palma, además de contribuir con el buen manejo de residuos ambientales de procesos como el mencionado.

Y es que en efecto, la fibra de prensado está compuesta por hilos largos enredados entre sí y un material granulado, fino, denso y de color oscuro que generalmente se deposita en el fondo de los recipientes que contienen la fibra.

Ahora, con base en lo anterior, el solicitante desarrolló un proceso que permitiera separar dichas fracciones de la fibra resultante del proceso de extracción de aceite de palma, buscando aprovechar de manera eficiente la fracción con mejores características para ser empleado como alimento de rumiantes, debido al parecer a un alto contenido de aceite residual y un bajo porcentaje de fibra.

En este sentido, el solicitante de la presente invención desarrolló un proceso de aprovechamiento de las fibras de prensado generadas en la extracción de aceite de palma, el cual comprende cinco etapas fundamentales:

Primera etapa: Separar mediante una primera columna desfibradora las nueces y la fibra que conforman la corriente sólida de prensado que resulta del proceso de extracción de aceite de palma;

Segunda Etapa: Separar mediante medios físicos el material granulado de los hilos fibrosos que conforman la fibra proveniente de la primera etapa;

Tercera etapa: Opcionalmente, hacer pasar el material granulado resultante de la segunda etapa a través de una segunda columna desfibradora para retirar impurezas adicionales;

Cuarta Etapa: Secar el material granulado separado de la etapa anterior, reduciendo la humedad por debajo del 15%, almacenarlo y empacarlo; y,

Quinta Etapa: Suministrar el producto obtenido como materia prima para la fabricación de diferentes concentrados y dietas nutricionales para vacunos.

Así entonces, el proceso de aprovechamiento de una fracción del subproducto fibroso de la extracción de aceite de palma se caracteriza por contener etapas definidas, además de sorprendentemente utilizar uno de los subproductos del proceso de extracción mencionado que venía siendo ignorado totalmente por la industria, en donde la clave se encuentra en separar el porcentaje de la fracción de la fibra de prensa aprovechable.

El producto alimenticio obtenido a partir del proceso aquí revelado es un material granulado que se destaca en aspectos como un alto contenido de grasa, además de ser un producto generado por un proceso económico que le concede instantáneamente un valor agregado al proceso de extracción de aceite de palma. De hecho, se ha encontrado que el producto alimenticio obtenido mediante el proceso aquí revelado se caracteriza por presentar contenidos de grasa, proteína, fibra, carbohidratos totales y valor calórico similares a los de la torta de palmiste, producto ampliamente conocido por sus excelentes características nutricionales.

Descripción detallada de la invención

Adicionalmente a lo planteado previamente, el objeto de la presente solicitud y las sorprendentes ventajas técnicas logradas por el inventor podrán ser apreciadas en detalle mediante la siguiente descripción de la estructura y funcionamiento del proceso de aprovechamiento de las fibras de prensado generadas en la extracción de aceite de palma desarrollado, donde se hace referencia a las siguientes figuras:

La **FIGURA 1** corresponde a un diagrama de bloques que representa la separación de material granulado para una planta que procesa 30 TM/hora. Esta figura da a conocer un balance de masa donde pueden observarse los flujos másicos que entran y salen de cada uno de los equipos que pueden intervenir en la separación.

La **FIGURA 2** corresponde a una vista particular del proceso de aprovechamiento de una fracción de las fibras de prensado generadas en la extracción de aceite de palma, que involucra elementos esenciales para llevar a cabo el proceso descrito por la presente invención incluyendo equipos de separación y equipos de transporte.

La **FIGURA 3** muestra el plano de las distintas piezas que conforman el tambor separador diseñado por el solicitante.

La **FIGURA 4** muestra el ensamble de la columna neumática para separar las impurezas del balanceado de palma.

Ahora, haciendo referencia a la Figura 1 de la solicitud, el proceso de aprovechamiento de las fibras de prensado inicia con la corriente (1) que representa el flujo másico del fruto que pasó por las etapas de desfrutado, esterilizado y digestado, es decir el fruto que se encuentra en óptimas condiciones para ser prensado. Dicha corriente entra a una serie de prensas (2), generalmente con una capacidad de procesamiento entre 5 a 20 Tm de fruto/hora cada una, de donde se obtienen dos corrientes: i) La corriente líquida que es el licor de prensa, compuesta volumétricamente por aceite, lodos livianos, agua y lodos pesados y que entra a la sección de clarificación(3) encargada de separar, purificar y secar el aceite rojo hasta las condiciones deseadas en cada planta; y ii) La corriente sólida llamada torta donde están presente las nueces y la fibra de mesocarpio.

Dicha corriente sólida se dirige a una primera columna desfibradora (4) en donde por la acción del aire las nueces son separadas de la fibra. Dichas nueces salen por la parte inferior de la columna desfibradora (4), y se dirigen a un tambor pulidor (5), donde se remueven pequeñas fibras adheridas al cuesco de la nuez y posteriormente son llevadas a silos de secado y a molinos rompedores para conseguir una mezcla triturada de cascarilla y almendra.

La etapa de separación del material de interés se inicia empleando la fibra proveniente de la columna desfibradora. Dicha fibra se dirige al tambor separador (6), equipo que tiene una estructura similar a la de un tambor pulidor (5). Allí, la fibra gira alrededor de la superficie cilíndrica del tambor, la cual está compuesta por láminas perforadas con determinados diámetros que permiten que el material más fino pase a través de las perforaciones mientras que la fibra menos densa y mayor tamaño sale del tambor directamente hacia las calderas (10).

Como resultado de la etapa anterior se obtiene un material granulado con gran cantidad de impurezas, éstas últimas corresponden a fibras más delgadas y pequeñas que lograron pasar por las perforaciones del tambor separador (6). De hecho, de acuerdo con los resultados de una serie de pruebas de laboratorio en las que se tamizó una muestra de fibra de prensa con una malla de 20 mesh las hebras de mayor tamaño representan entre un 63% y un 67% de la mezcla total y la fracción granular que pasa por el tamiz esta entre el 33 al 37%. Ahora bien, teniendo en cuenta que el flujo másico de fibra en una planta extractora de aceite rojo es el 13% con respecto al RFF, el material granulado separado hasta este momento representa entre un 4,4% y un 4,8% del total de un racimo de palma, mientras que las fibras gruesas representan entre el 8,1% y el 8,6%.

Teniendo en cuenta que la cantidad de impurezas obtenidas está en un rango entre 40 a 60 % en el tambor separador (6), es necesario llevar a cabo una segunda etapa de separación de la mezcla.

El material granulado que sale del tambor separador (6) se dirige a una columna desfibradora (7), en donde la separación de las impurezas se realiza por la diferencia de densidades y velocidades de arrastre que tiene cada material, de manera que las partículas menos densas suben en la columna (en teoría las fibras e impurezas), luego de lo cual son sopladas hacia un ciclón cercano a la caldera para unirse con el caudal de las fibras separadas en el tambor separador (6). Al llegar a las calderas (10) la totalidad de dichas fibras es utilizada como combustible, permitiendo la obtención del vapor saturado que es necesario para la esterilización y el calentamiento de todos los equipos de la planta.

Por su parte, el material granulado que necesita una mayor velocidad de arrastre y tiene una mayor densidad, queda en la parte inferior de la columna, caracterizándose por presentar un grado de pureza y de digestibilidad más altos.

El material granulado separado en esta etapa representa el 18,8% en peso de la fibra total analizada inicialmente y el 2,4% del total de un racimo, mientras que las hebras son el 74% de las fibras totales del proceso y el 9,5 % del RFF.

Continuando con el proceso industrial, el material granulado es sometido posteriormente a las etapas de secado (8), empaque y almacenamiento (9), luego de lo cual queda disponible para ser comercializado y utilizado como alimento animal.

Ahora bien, de conformidad con la Figura 2, el esquema inicia con las prensas de fruto (11), que están compuestas por un sistema de tornillos sinfin y conos hidráulicos, a este equipo le entra el 67,7% de RFF representado en fruto digestado, estos equipos trabajan a una presión entre 800 a 1200 psi que permite que el aceite rojo salga de las celdas presentes en el mesocarpio, la corriente solida o torta que es el 24 % sobre RFF sale a unos 80 ° C en promedio sin embargo contiene un porcentaje entre 35 a 45 % de humedad en peso por este motivo entra a un transportador rompedor de torta (12), este es un equipo compuesto por un eje central del cual se atornillan una serie de paletas metálicas, el eje gira permitiendo que todo el material se disgregue, el movimiento rotatorio producido por las paletas facilita que la humedad de la torta disminuya, que la fibra

se suelte levemente de la nuez, este paso es de gran importancia ya que estas condiciones favorecen la posterior separación neumática, la fibra húmeda tiene un mayor peso y por lo tanto necesita una mayor velocidad de arrastre, en el diagrama existen dos columnas desfibradoras(13) (16) que funcionan bajo el mismo principio de fluidización neumática, este fenómeno es definido como la suspensión de partículas sólidas sometidas a la acción de un fluido cuya fuerza de empuje actúa en dirección contraria a la fuerza de la gravedad, se le llama neumático por el hecho de trabajarse con aire como fluido de empuje, en cuanto a la separación de la fase sólida se aprovecha las diferencias en material, peso, densidad, y distribución geométrica de cada material que se encuentra en la mezcla las cuales provocan que cada uno tenga una velocidad de fluidización y de arrastre diferente, la velocidad de arrastre es la que hace que el sólido deje de estar flotando en cierta área de la columna y se mueva a la misma dirección que el fluido.

En la columna neumática(13) un ventilador de succión produce un flujo de aire con la suficiente velocidad para arrastrar a la parte superior la mezcla de fibra que representa el 13 % sobre RFF y permitir que las nueces caigan a la parte inferior y entren al tambor pulidor(14) que son el 11% sobre RFF.

El tambor pulidor (14) describe un movimiento angular lo que permite que las nueces se desplacen y rocen toda la superficie cilíndrica del tambor, el contacto desprende las impurezas de fibra que aun puedan contener las nueces, estas impurezas son arrastradas de nuevo a la columna neumática (13).

La corriente superior de la columna desfibradora (13) entra a un tambor separador (15), de manera similar al tambor pulidor existe un movimiento angular que mueve la fibra de forma tangencial con la diferencia que la superficie cilíndrica está conformada por láminas con perforaciones circulares o mallas rectangulares tipo anillo, el poro de cada superficie tiene un área entre 16 a 36 mm², el movimiento del tambor eleva y hace chocar la fibra contra el cilindro produciendo una separación por diferencia de tamaños de partícula similar a la función que tienen los tamices, la fracción de interés perteneciente a la fibra o balanceado de palma sale a través de los poros del tambor con altas impurezas principalmente caracterizadas por ser fibras muy delgadas, la optimización de la separación está dada por la velocidad de giro por este motivo el equipo tiene la capacidad de moverse en un amplio rango de velocidades que aseguren un tiempo de residencia eficiente, el balanceado con impurezas cae a un equipo compuesto por

dos sin fines transportadores y una columna de separación (16), el primer transportador lleva el balanceado del tambor a la entrada de la columna(neumática(6), la cual maneja el mismo método de separación descrito anteriormente con la diferencia que la corriente de alimentación está conformada solo por balanceado con impurezas, para este caso la columna se calibra de tal forma que el aire logre alcanzar la velocidad de arrastre de las impurezas que es menor que la del balanceado, el ventilador eleva hasta la parte superior de la columna las impurezas para después dirigirlas hacia las calderas y ser quemadas como combustibles, el balanceado purificado queda en la parte inferior de la columna para ser transportado por el segundo tornillo sin fin a la sección de secado, empaque y almacenamiento (18).

La humedad del balanceado de palma se estima entre el 40 a 30 % en peso, por eso es importante tener un equipo que tenga una capacidad de 600 kg/hora para una planta de 30 TM/hora RFF, como mínimo para poder secar el producto, además asegurar una disminución de la humedad hasta el 15%, una de las opciones a probar es un transportador metálico de arrastre con ductos que llevan aire caliente logrando por medio de un intercambio de calor conductivo y convectivo la disminución de humedad necesaria para cumplir los parámetros de calidad, también se tiene previsto probar un sistema de lecho fluidizado con aire caliente, o un tambor con agitación y aire caliente. El empaque se realiza de manera manual por parte del operario encargado del proceso (18) utilizando sacos como envoltura los cuales se sellaran en la parte superior con una selladora de costales, los bultos formados por el balanceado purificado se llevan a un almacén libre de humedad y del contacto directo de la luz solar por medio de carretillas, empujadas por el mismo operario antes mencionado.

Ahora bien, haciendo referencia a la Figura 3, la cual muestra el plano de las distintas piezas que conforman el tambor separador diseñado por el solicitante, la estructura (19) es el soporte metálico principal encargado de mantener estable todo el equipo, el tambor (20) está compuesto por unas láminas con forma circular, unas varillas horizontales que forman una distribución cilíndrica y un eje central, el tambor(20) es la base donde se pondrá la lámina perforada o malla (25) que permiten la separación.

El eje motriz (21) es la pieza encargada de conectar el tambor al moto reductor (23), el eje terminal conecta el tambor a la chumacera (32), el moto reductor (23) es el encargado de darle la potencia y de variar la frecuencia por este motivo la

velocidad del tambor (20) puede ser variable este se encuentra soportado en su base (21), la chumacera (32) es el soporte final del tambor (20) y también se encuentra sobre un soporte (33).

El balanceado que poco a poco es separado por el tambor (20) cae sobre una rampa de recolección que dirección al material, también existen dos tolvas la de alimentación (35) que tiene un soporte (36) por donde entra la mezcla de fibra y la tolva de salida (26) por donde sale el caudal de fibras sin contenido de balanceado, en la parte inferior del equipo se instalaron dos soportes (27) (28) que permiten nivelar y pivotear la estructura. De igual manera el equipo cuenta con una cubierta (30) que evita que el balanceado salga verticalmente y se disperse, la cubierta (30) esta sostenida por dos soportes de 2 y 4 pulgadas (29) (31), por último la cubierta está unida a unas bisagras para levantar o bajar la cubierta (30). Por su parte, en la Figura 4 se muestra el ensamble de la columna neumática para separar las impurezas del balanceado de palma, pudiéndose observar que dicho equipo tiene una tolva de alimentación (37) unida a un sinfín transportador que lleva el material hasta la entrada de la columna neumática (39), la columna está unida a unas bases metálicas para darle estabilidad a la estructura, además se observan unos timones de apertura (45) los cuales permiten aumentar o disminuir el área interna de la columna y de esta misma manera cambiar el caudal y la velocidad lineal del aire de succión, en la parte superior hay una transición de la columna (44) para poder conectarla con un ducto circular (42), este es el lugar por donde viaja el aire y las impurezas separadas hasta terminar en una transición(43) del ciclón (40), la función del ciclón(40) es separar las sustancias solidas del aire por diferencia de peso y densidades el sólido se dirige hacia la forma cónica que tiene el equipo, este mismo cono permite que la velocidad de las impurezas descienda y caigan por la exclusiva (41), para ser direccionadas hacia la caldera y el aire sale por la parte superior del ciclón(40), pasando luego por la turbina del ventilador que produce el efecto del vacío y posteriormente sale hacia la atmósfera.

De lo anterior es evidente que la implementación del proceso de aprovechamiento de las fibras de prensado generadas en la extracción de aceite de palma tal cual fue descrito, contribuye a dar un valor agregado al proceso de extracción de palma *Elaeis guineensis*, además de generar un proceso económico e industrialmente viable para diferentes plantas extractoras de aceite.

EJEMPLOS COMPARATIVOS

Con el fin de evaluar el contenido alimenticio del material granulado obtenido del proceso aquí descrito, se llevó a cabo un análisis bromatológico que determinó diferentes parámetros nutritivos en comparación con la ya existente Torta de Palmiste Expeller comercializada por INDUPALMA.

De esta manera, los resultados bromatológicos que la extractora Industrial Agraria La Palma (INDUPALMA) proporciona en uno de sus catálogos comerciales son mostrados en la tabla 2.

Tabla 2: Análisis bromatológico Torta de Palmiste INDUPALMA.

Parámetros	Resultados
Grasa	9-10,5 %
Proteína	12,5-14,5%
Fibra	20-30%
Carbohidratos totales	45-49%
Valor calórico	359,02 Kcal/100g

Por su lado, para el material granulado obtenido mediante el proceso revelado en la presente invención los resultados obtenidos son mostrados en la tabla 3.

Tabla 3: Análisis bromatológico del balanceado de palma.

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
Humedad	g/100 g muestra	12,84
Ceniza	g/100 g muestra	10,23
Grasa	g/100 g muestra	10,91
Proteína	g/100 g muestra	9,07
Fibra	g/100 g muestra	22,3
Carbohidratos totales	g/100 g muestra	56,95
Valor calórico	kcal/100 g muestra	362,27

Como se observa, el contenido de grasa de ambos productos es muy similar, sin embargo el del material granulado es mayor en un rango de 1,91 y 0,4%, lo cual es positivo si el alimento se dirigiera a animales de engorde, en crecimiento o en etapa de gestación, donde los requerimientos de lípidos tienen que ser altos para asegurar un buen desarrollo.

Por su lado, el porcentaje de proteína contenido en la torta de palmiste es superior en un 3%, aclarando adicionalmente que el porcentaje de fibra en la torta se

encuentra dentro de un rango con una variabilidad muy alta debido a la cantidad de impurezas que contiene la almendra, al punto que si se utilizara un dato promedio de contenido de proteína en la torta, la fibra allí contenida correspondería a un 25%, valor que sobrepasa la dosis teórica permisible para todas las especies analizadas y que por ende daría lugar a que la digestión del producto fuese mucho más lenta en comparación con el material granulado obtenido mediante el proceso revelado en la presente invención.

Adicional a lo anterior se tiene que los carbohidratos y las calorías presentes en el material granulado obtenido mediante el proceso de la presente invención son mayores en un 8% y en 3Kcal/100g con respecto a la torta de palmiste, hecho que implica que el consumo de dicho material granulado permite obtener mayor cantidad de energía en una misma dosificación, favoreciendo a los animales que se quieren poner en etapa de engorde o a aquellos que realizan actividades que presentan mucho desgaste físico como los búfalos.

En este sentido, si bien el comportamiento bromatológico del material granulado de la presente invención y la torta de palmiste es similar, las diferencias existentes podrían aprovecharse utilizando cada sustancia en actividades distintas dependiendo del animal y sus etapas metabólicas, pues está claro que, por ejemplo, para etapas de engorde o producción de productos lácteos y huevos, el material granulado permite obtener mejores resultados.

En conexión con lo anterior, el material que puede recuperarse mediante el proceso aquí revelado corresponde a un suplemento alimenticio con características nutricionales sorprendentes para la dieta de ciertos animales, razón por la cual se realizaron pruebas adicionales tendientes a observar el comportamiento de dicho material como insumo primario de concentrados y cubos alimenticios.

Los concentrados animales son una mezcla heterogénea de productos vegetales y animales que en conjunto cumplen con los requisitos diarios de alimentación de un animal, en el caso del ganado el porcentaje de proteína que deben tener es alto ya que debe suplir el bajo contenido nutricional que generalmente tiene el pasto con el que se alimentan, conociendo esto se realizó un concentrado utilizando balanceado de palma como componente principal ya que representaba el 42,5% de la mezcla, acompañado de salvado de trigo que era el 38%, glicerol 2%, grasa de pollo 15 % y una mezcla de minerales mínimos necesarios 2,5%. El lote

obtenido fue de unos 50 sacos con un peso promedio de 20 kg, los cuales fueron utilizados en una finca ganadera, donde los animales mostraron un gusto similar por el alimentado comparándolo con mezclas alimenticias que utilizaban torta de palmiste en vez de balanceado de palma.

Simultáneamente se hicieron cubos alimenticios de 10 kilos, los cuales son utilizados por los ganaderos como complemento nutricional para los animales, para este caso el balanceado de palma represento el 20 %, grasa de pollo 10%, cal hidratada 12%, melaza 45 % y el porcentaje restante minerales. El cubo se demora normalmente un día en obtener una consistencia firme, de manera que comparándolo con el palmiste se obtuvo una mayor firmeza en menos tiempo (alrededor de 4 horas). De igual manera se utilizó en los animales de una finca ganadera obteniéndose una respuesta similar de palatabilidad comparándola con cubos obtenidos a partir de torta de palmiste.