

Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones

Eugenio Bortone D.

Balanceados Lamar, C.A., Venezuela
&
Omega Protein, Inc. USA

5416 Lafayette Lane, Frisco, Texas 75035
Tel. (972) 334 6694, drbortone@aol.com

INTRODUCCION

La producción de alimentos balanceados de calidad comienza con la selección de ingredientes de Calidad. Si por razones económicas compramos ingredientes de poca calidad (nutricional), en otras palabras “basura”, solo se podrá producir “basura”. Las materias primas o ingredientes conforman el 90% de los costos de manufactura. Por eso es importante que los fabricantes de piensos incluyan en su programa de compras de materias primas, estándares o parámetros de medición de la calidad. Con esto se asegura la uniformidad de los ingredientes y de las formulas finales que al mismo tiempo permiten controlar los demás procesos productivos. Estos estándares dependiendo de la fuente de la materia prima pueden ser análisis físicos químicos tales como: Proteína Cruda, Perfil de Amino Ácidos, Tamaño de Partícula, Contenido de Almidón, etc.

La incorporación de ingredientes de calidad es factor importante en la formulación de raciones que cubren los requerimientos específicos para la especie que se está formulando. Por lo tanto, un alimento de calidad comienza con ingredientes de “calidad” los cuales han sido seleccionados de acuerdo a estrictos estándares nutricionales.

La selección de ingredientes tiene un impacto directo en la textura, hidroestabilidad, uniformidad, capacidad productiva (extrusión o peletización), factibilidad (costo) y por sobre todo en su calidad nutricional. En el caso específico de alimentos de camarón es común utilizar ingredientes tales como el afrecho de trigo para reducir el costo. Si bien este ingrediente presenta un beneficio en el costo por tonelada producida, tiene un efecto contrario con la calidad final de alimento ya que afecta directamente la hidroestabilidad y las conversiones finales.

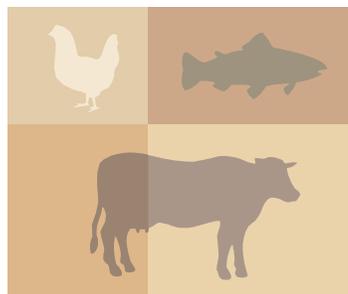
Para seleccionar ingredientes que se utilizaran en formulas para especies acuícolas es importante considerar el tipo de proceso (extrusión o peletización), ya que dependiendo del proceso utilizado y de la composición final de la formula, se puede afectar directamente la

características físicas del producto tales como la densidad, la forma, textura, color, y su estabilidad en el agua.

INGREDIENTES COMÚNMENTE UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ESPECIES ACUÍCOLAS

Ingredientes proteicos de origen animal

- Harinas de Pescado
- Pescado Crudo
- Harinas de Sangre
- Harinas de Carne y Hueso
- Harinas de Carne (cerdos, aves, vacunos)



Este tipo de ingredientes solo contribuyen a la calidad de la proteína (perfil de aminoácidos) y no a las propiedades funcionales del producto que se está sometiendo al proceso (extrusión, peletización, pre- y post-acondicionamiento). Esto se debe a que las proteínas de origen animal no se expanden o se combinan con otros ingredientes en la mezcla de la misma manera que las proteínas de origen vegetal. Una de estas razones es el proceso al cual han sido sometidos estos ingredientes. Principalmente, todas las harinas de carne o pescado son subproductos de procesos térmicos los cuales alteran la estructura cuaternaria de las proteínas y sobre todo su solubilidad. Por lo tanto, es muy importante tomar en cuenta el tipo de proceso térmico utilizado ya que dependiendo del tiempo y la temperatura la calidad (solubilidad) puede ser afectada reduciendo su digestibilidad final.

En los últimos años los procesos de producción de materias primas proteicas han mejorado al punto de lograr mejoras en la solubilidad de las proteínas de más del 30%. Este tipo de procesos permiten que las proteínas sean más solubles mejorando su digestibilidad y funcionalidad.

También es posible utilizar proteínas animales o subproductos que están crudos, es decir no han sido procesados térmicamente. Este puede ser el caso de alimentos para camarón que contienen pescado fresco o calamares, o vísceras de pescado, o en el caso de alimentos expandidos para mascotas en donde carne cruda en emulsión se incorpora en el pre acondicionador.

Debido al incremento de desechos de las industrias procesadoras de carnes (ganado y aves) al igual que las de pescado, cada vez es más difícil deshacerse de estos subproductos. Una alternativa es utilizar estos subproductos frescos con alto contenido de agua en mezclas con cereales (maíz etc.) y procesarlos térmicamente con un extrusor para así producir un nuevo ingrediente el cual se puede incorporar en la formulación de alimentos balanceados.

Ingredientes proteicos de origen vegetal

- Harina de Soya
- Harinas de Trigo (proteína del trigo gluten)
- Harinas de algodón
- Harinas de otras oleaginosas

Las proteínas vegetales contribuyen en gran medida al total de la proteína de la ración. También las proteínas vegetales, como es el caso del gluten de trigo no solo es fuente una fuente de proteína, sino también es el mejor aglutinante natural. Este ultimo tiene mucha importancia en los alimentos de camarón donde el gluten contribuye en la hidroestabilidad del pellet, permitiendo la reducción o exclusión total de aglutinantes sintéticos de las formulas.

Las proteínas vegetales se caracterizan por:

- Su alta solubilidad en el agua
- Deficiencia de algunos aminoácidos (metionina y cisteina). En este caso las deficiencias de un ingrediente se pueden complementar con otras fuentes proteicas de origen animal o vegetal con diferente perfil de aminoácidos.
- El bajo costo de la proteína –relación volumen de proteína por unidad de costo.
- Buena fuente de proteína y energía cuando se utilizan en su estado natural como es el caso del frijol de soya.

Ingredientes farináceos



Las harinas de cereales pueden conformar entre un 15 a un 70 % del total de la formula. Los mas utilizados en formulas para peces y camarones son: trigo entero, subproductos de maíz, subproductos de la industria molinera de trigo (harinillas de trigo bajas en gluten), afrecho de trigo, germen de trigo, harina de arroz, sorgo, y harina de trigo (con diferente contenido de proteína).

El almidón, es el principal componente de casi todos estos cereales y sus derivados. El almidón de las harinas no es solo fuente de energía disponible sino también un aglutinante para alimentos peletizados. También sirve como agente de expansión en el proceso de extrusión y es determinante para lograr densidades que permitan que el alimento flote.

En el caso del afrecho de trigo, aunque económico y contiene cierta cantidad de almidón y proteína aun adherido, se debe utilizar con precaución ya que en niveles superiores al 3% en formulas para camarones tiene un efecto negativo en la hidroestabilidad. Esto se debe principalmente a que: primero, interfiere con el enlace entre los compuestos de la formula como el almidón, el gluten y otras proteínas, afectando el bloque estructural que impide que el pellet se disuelva en el agua; segundo, la fibra al humedecerse se expande logrando la ruptura de la matriz del pellet que conlleva a la disgregación de su estructura afectando la hidroestabilidad y acelerando la lixiviación de nutrientes al medio. Esto se puede contrarrestar hasta cierto punto, moliendo el afrecho a texturas finas (<160 micras), pero por ser una fibra su molienda requiere de equipos especializados como los pulverizadores con clasificación por sistema neumático.

PROCESOS DE MANUFACTURA DE ALIMENTOS DE CALIDAD



Una vez que se tienen ingredientes de calidad ahora es necesario que los procesos productivos se hagan con “Calidad”. No se puede producir alimentos de calidad si los procesos utilizados no son controlados. Por eso el control de procesos debe ser parte de los controles de calidad.

A continuación revisaremos todos los procesos productivos más importantes que se pueden emplear en la manufactura de alimentos balanceados para peces y crustáceos.

Molienda:

Se define como la reducción por medios mecánicos del tamaño de las partículas de un ingrediente o mezcla de ingredientes que conforman una fórmula completa.

El tamaño de partícula final dependerá del tipo de alimento que se este fabricando. Con esto quiero decir que no es lo mismo fabricar un alimento para PLs que para un camarón en la fase final de engorda. Evidentemente el tamaño de las partículas de la mezcla para los PLs (< 100 micras) debe ser mucho menor que para el camarón de engorda (<250 micras).

La molienda es el paso más limitante en la producción de alimentos balanceados y representa el 50-60% de los costos de manufactura.

Al considerar la molienda también debemos tomar en cuenta su impacto en el mezclado ya que esta afecta directamente la homogeneidad de la mezcla y del producto final (pellet o producto extrusado).

Cuando consideramos los procesos de aglomeración como la peletización o de extrusión el tamaño final de la partícula y la uniformidad de la mezcla tienen un efecto directo en estos procesos. En el caso de la peletización en el que se utilizan dados con orificios de 2.2 mm de diámetro, requiere que el tamaño de la partícula no sea mayor a 260 micras (malla 60 US Tyler), pero es preferible tener un tamaño de partícula entre 150-180 micras. Es necesario tomar en cuenta que la prensa Peletizadora debe cumplir su función de presionar y compactar la mezcla en un paquete llamado pellet y no utilizar los rodillos y la pista del dado como un molino para reducir el tamaño de la mezcla. Esto último solo lograría reducir la eficiencia del equipo, incrementar las mermas por finos, e incrementar los costos energéticos.

La molienda y el proceso de peletización

Otra relación importante entre la molienda y la peletización es el efecto de compactación. A medida que el tamaño de partícula es menor existen más puntos de contactos. Imaginemos un tubo de ensayo lleno de arena y otro de canicas. El tubo con arena tendrá más puntos de contacto que el de canicas. A medida que aumentemos los puntos de contacto obtendremos mejor enlace entre los componentes de la mezcla – proteínas (gluten) y las moléculas de almidón, formando una estructura más sólida, compacta y resistente a la degradación en el agua.

La molienda y su relación con el pre-acondicionamiento

También la molienda juega un papel importante en el pre acondicionamiento. Al igual que en la peletización a menor tamaño de partícula mas superficie de área expuesta a la acción del vapor. Esto va a permitir que el vapor se condense en mas partículas, y al hacer esto transfiera su calor y el agua sea absorbida o internalizada mas rápidamente. Partículas más grandes requerirán de mayor tiempo de residencia en el pre acondicionador para lograr la

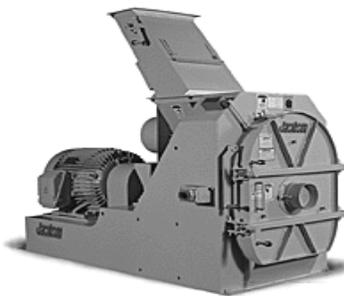
gelatinización de los almidones que juega un papel muy importante en la hidroestabilidad de los pellets.

Los ingredientes y sus efectos en la molienda

La harinas de pescado, calamar, krill, cabeza de camarón, almeja, frijol de soya, y las harinas de carne, carne y hueso constituyen la mayor porción de la ración de una fórmula para peces o camarones en las que los niveles de proteína oscilan entre el 25 y el 65%. Muchos de estos ingredientes contienen un alto nivel de aceite. Este último tiende a tapar las mallas de orificios pequeños en los molinos de martillo. Por lo tanto es imprescindible mantener el nivel de aceite por debajo del 13% para evitar estas tapaduras, pero preferiblemente el nivel no debería ser superior al 6%. Una manera de reducir el nivel total de grasa es moler los ingredientes con mayor contenido de grasa conjuntamente con un cereal (trigo etc). Por eso es que hoy día el método preferido es la post molienda.

En un sistema de post molienda, por lo general todos los ingredientes mayores son pesados y premezclados por mezcladoras estáticas (tolvas de cascada). Estas premezclas son después pasadas, bien sea por una serie de molinos de martillo con cribas de selección, o por Pulverizadores. Después de la molienda, los ingredientes mayores molidos se depositan en la tolva de mezclado y de ahí pasan a la mezcladora en donde los líquidos y las premezclas vitamínicas y otros ingredientes que no requieren ser molidos, son adicionados. Con la post molienda se obtiene un tamaño de partícula más uniforme, se evitan las tapaduras de las mallas causadas por ingredientes altos en grasa, se utilizan menos tolvas o silos de almacenamiento de ingredientes molidos, se mejora la homogeneidad de la mezcla y la calidad final del pellet.

Molinos de martillos



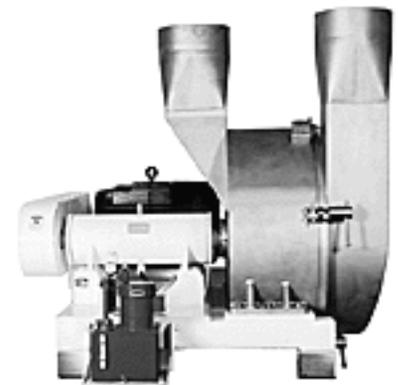
Los molinos de martillos son muy eficientes cuando se usan mallas de 2.4 mm de diámetro la cual produce un tamaño de partícula de alrededor a los 1200 micrones. Como ya se ha mencionado este tamaño de partícula sería inaceptable para los alimentos de camarón, larvas y alevines. Aun utilizando mallas de 1.5 mm el tamaño de partícula que se podría obtener estaría en el rango de las 350 micras, que está por encima del nivel mínimo de 250. Para lograr estos tamaños de partícula se requieren molinos con mayor caballaje, velocidad (3600 vs.

1800 rpm) y de un sistema de reciclaje con zarandas que separan las fracciones en varios tamaños. Las fracciones de mayor tamaño son recirculadas por el molino y posteriormente se unen nuevamente al flujo. Este tipo de operación puede convertirse en un proceso ineficiente, en especial cuando se tienen fracciones difíciles de moler.

Molinos pulverizadores de clasificación por aire

Este tipo de molino es recomendable cuando se quieren lograr tamaños de partícula inferiores a los 150 micrones. Estos molinos funcionan con un sistema de aire negativo, un ventilador, y una válvula rotativa o esclusa. El sistema de aire negativo sirve para separar las partículas de menor tamaño de las mas grandes en el plato clasificador en donde las mas grandes son regresadas a la zona de molienda.

Los pulverizadores alcanzan velocidades de hasta 27000 por minuto en comparación con un molino de martillos que solo alcanza 22.000 pies/min.



El tamaño de partícula esta controlado por el flujo de aire el cual se puede cambiar durante el proceso. Lo contrario es cierto en los molinos de martillo en donde el tamaño de partícula solo se puede reducir cambiando las mallas y esto requiere que se pare el proceso.

Los molinos pulverizadores no utilizan mallas. Por lo tanto no hay tiempo muerto en cambio de mallas por ruptura, o limpieza causada por tapaduras.

Un aspecto negativo de los pulverizadores es su alto costo inicial.

Mezclado

El mezclado es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea. Por lo tanto, es una de las operaciones mas importantes en la fabricación de alimentos balanceados para peces y crustáceos, pero con frecuencia no se le da la importancia que se merece. Si tómanos en cuenta el gasto / inversión que se hace en adquirir los ingredientes de calidad, almacenarlos, y pesarlos debemos entonces poner atención al proceso que se va a utilizar en poner todos estos ingredientes en una sola mezcla homogénea. Lo dicho en la frase anterior es el objetivo del mezclado – crear una mezcla homogénea que cubra todos los requerimientos nutricionales de la especie en la fase de desarrollo especifica para la cual se creo la formula. En otras palabras, cualquier muestra que se tome de una mezcla debe ser idéntica en contenido nutricional a cualquier otra mezcla. La importancia de la mezcla homogénea la puedo ilustrar de la siguiente manera: Un camarón que pesa un gramo consume aproximadamente 12% de su peso en alimento al día. De acuerdo con esto entonces, si se ha mezclado correctamente la formula para este alimento de camarón, una muestra de 0.12 gramos de esa mezcla debe contener todos los nutrientes formulados para cubrir con sus requerimientos nutricionales.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS INGREDIENTES

- Tamaño de partícula
- Forma de las partículas
- Densidad o peso específico
- Higroscopicidad
- Carga estática
- Adhesividad

Las primeras tres propiedades son las más importantes. Las partículas grandes y pequeñas no se mezclan bien. Se puede lograr un mejor mezclado cuando el rango de diferencia de tamaño de partículas es menor. Las partículas de alta densidad, como los minerales, tienden a segregarse en el fondo de la mezcladora.

La higroscopicidad que es la tendencia de los ingredientes de atraer agua también puede causar problemas en el mezclado. Un material muy higroscópico puede absorber agua del medio ambiente y formar grumos o pelotas que no se dispersan bien en el mezclado. Un ejemplo de un ingrediente muy higroscópico es la urea. Este último lo podemos conseguir como componente fundamental en las fórmulas de aglutinantes sintéticos comúnmente utilizados en las fórmulas de camarón. Por esta razón es que los aglutinantes sintéticos se endurecen y pierden su actividad aglutinante cuando están expuestos a altas temperaturas y humedades ambientales.

Otros ingredientes, además de ser higroscópicos, pueden también cargarse con electricidad estática. Esto también es causante de segregación en el mezclado debido a que algunos de estos ingredientes se pueden pegar a las paredes de las tolvas o de la mezcladora sin dispersarse en la mezcla.

Como ya fue mencionado en la sección de molienda, uno de los sitios en donde se puede controlar la variación de los ingredientes es en la molienda. El uso apropiado de molinos de martillos o pulverizadores puede producir el tamaño deseado de partículas. El tamaño adecuado de las partículas de la mezcla ayudara a obtener una mezcla más homogénea, a aumentar el rendimiento del animal, y a mejorar el procesamiento de la mezcla para lograr un pellet con más estabilidad en el agua.

SECUENCIA DE ADICIÓN DE INGREDIENTES A LA MEZCLADORA

La secuencia de adición de los ingredientes a la mezcladora tiene un impacto directo en la calidad de la mezcla. Las variables que establecen la secuencia de la adición son la formulación, tipo de ingredientes, procedimientos y manejo de los ingredientes, y activación de los ingredientes aglutinantes (naturales o sintéticos). Un punto crítico en la fabricación de alimentos para la acuicultura es la adición de los ingredientes aglutinantes, no solo la secuencia que permita que se dispersen homogéneamente en la mezcla, sino también su relación con los ingredientes líquidos y la secuencia de adición de los mismos.

Es importante que estos ingredientes absorban los líquidos., como el agua o vapor (efecto térmico) para activar las propiedades de cohesión de los aglutinantes (almidones, gluten de trigo, o formaldehídos de Urea).

La siguiente es la secuencia recomendada para la adición de ingredientes secos:

Ingredientes Mayores – se añaden primero los de mayor cantidad (harina de pescado, trigo, maíz etc.)y por ultimo los de menor cantidad (afrecho, harinas de sangre, harina de calmar, etc.)

Ingredientes Menores – se añaden por ultimo comenzando por el de mayor cantidad (premezclas de minerales, carbonato de calcio, etc.) y terminando con el de menor cantidad (pigmentante, aglutinantes, premezclas vitamínicas, medicamentos)

Los ingredientes menores deben añadirse al final para evitar que terminen en el fondo de la mezcladora o cualquier otro punto muerto (depende del diseño de la mezcladora), que no permite su distribución homogénea en la mezcla. Este no es el único problema, también pueden generarse contaminaciones a causa del arrastre de ingredientes entre una formula y otra. Las contaminaciones cruzadas son de particular preocupación cuando se están haciendo mezclas con medicamentos.

Después de incluir los ingredientes secos se debe dar un tiempo de mezclado “en seco” para distribuir todos los ingredientes antes de proceder a incluir los líquidos (agua, solubles de pescado, lecitina de soya, aceite de pescado). El tiempo de mezclado va a depender del tipo de mezcladora que se está utilizando ya que no todas las mezcladoras tienen la misma eficiencia de mezclado. Por eso es importante que se inspeccione el estado de la mezcladora cada seis meses y se realicen pruebas de mezclador con micros trazadores, o marcadores analíticos con amino ácidos, vitaminas, o sal para determinar el coeficiente de variación para cada periodo de mezclado (2, 4, 6, 8, 10 minutos etc.). El coeficiente de variación debe ser menor del 10% o de lo contrario la mezcla no se considera homogénea.

Una vez determinado el tiempo de mezclado óptimo (tiempo en relación al número de mezclas por hora) se puede utilizar el coeficiente de variación como una herramienta para determinar el buen funcionamiento de la mezcladora. Por lo general bajos coeficientes de variación, cuando ya se ha determinado el tiempo de mezclado, indican que algo está sucediendo con el funcionamiento de la mezcladora como por ejemplo: desgaste de las paletas, o cinta, acumulaciones de material en las paletas o cinta que afectan el movimiento correcto de la mezcla, o derrames causados por compuertas que no cierran bien.

Ingredientes Líquidos - Estos ingredientes deben ser rociados en forma de cortina sobre la mayor parte de mezcla y no en chorros. La adición de líquidos como un chorro directo produce apelmazamiento de la mezcla (grumos), que a su vez pueden atrapar ingredientes menores y no permitan su distribución homogénea en la mezcla. Por eso es imprescindible que los líquidos sean rociados utilizando el número de boquillas de aspersion necesarias par

lograr la su distribución en toda la mezcla. Los líquidos como los aceites, lecitina, y solubles deben tener su propio sistema de adición separado de la línea de agua.

Secuencia de adición de líquidos:

1.- Agua

Esta se puede considerar un líquido imprescindible en el mezclado ya que contribuye a la gelatinización de los almidones y a reconstituir humedad perdida a causa de la molienda. Esta humedad perdida se considera una merma en el proceso y representa un costo. Por ejemplo una merma del 0.5% representa para una planta que produce 20.000 TM/año una pérdida de 100 toneladas. Si consideramos el costo por tonelada de alimento de camarón en 400\$ entonces la empresa habrá perdido unos 40.000 \$. Por esta razón es importante reconstituir el agua y controlar todas las otras mermas en la planta.

Mi recomendación es añadir agua e inclusive caliente (entre 70-80 grados centígrados), ya que de esta manera será internalizada más rápidamente y asistirá en el proceso de gelatinización de los almidones y activación de los aglutinantes naturales y sintéticos. Detengamos a pensar un momento, la gelatinización es dependiente de la temperatura, y de la humedad, pero también depende del tiempo; el tiempo para absorber el agua. En el caso del mezclado, una vez terminada la mezcla esta es enviada a la tolva o tanque de alimentación en donde pasara varios minutos en espera de entrar a la prensa Peletizadora o al extrusor.

Una vez añadida el agua dejar mezclar por lo menos 30 segundos para que esta se disperse.

2. Solubles de pescado u otros líquidos acuosos

Las formulas de camarón incluye en su formulación líquidos como los solubles de pescado (fuente de proteínas y attractante). Este tipo de líquidos también contiene cierta cantidad de lípidos que por ser un ingrediente hidrofóbico puede prevenir la penetración del agua en las partículas de la mezcla.

3. Lípidos

Este tipo de ingredientes (aceites de pescado) por su naturaleza hidrofóbica deben ser añadidos de ultimo.

Después de terminar la adición de todos los líquidos se debe dejar mezclar por lo menos otro minuto para asegurarse de que hayan sido dispersados en la mezcla.

TIPOS DE MEZCLADORAS

Existen tres tipos de mezcladoras: horizontales, verticales, y mezcladores continuos.

La mezcladora más utilizada en la producción de alimentos para la acuicultura son las horizontales. Por eso esta sección solo se hace referencia a este tipo de mezcladoras. Las verticales por requerir tiempos de mezclado muy largos no se deben considerar al momento de seleccionar equipos para una planta de balanceados.

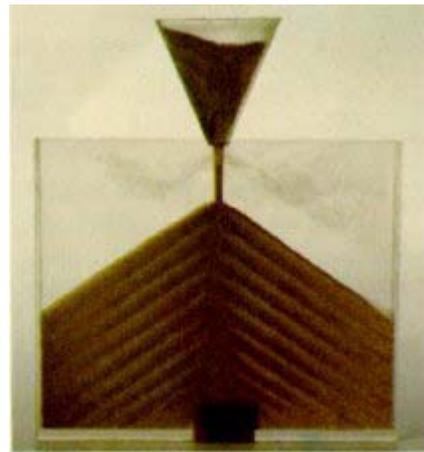
Mezcladora horizontal:

Por lo general estos tipos de mezcladoras están equipadas con cintas o aspas que rotan de derecha a izquierda transportando los materiales de un lado al otro. Otro diseño incorpora paletas montadas sobre un eje. Estas últimas permiten adicionar mayor cantidad de líquidos. Por lo general el tiempo de mezclado ($CV < 10\%$) es mucho menor que el de la mezcladora de cintas.

Las mezcladoras horizontales deben ser equipadas con una tolva pulmón que permita la descarga instantánea de la mezcla. Con este tipo de mezcladoras se reduce considerablemente lo que se conoce como el tiempo de Bacheo o de lote, que inicia desde el momento que los ingredientes se comienzan a añadir hasta que la mezcla es descargada de la mezcladora. El caso de que se utilice post molienda, el ciclo comienza con la pesada y molienda de los ingredientes mayores (que requieren molienda) hasta la adición de los ingredientes menores, líquidos a la mezcladora terminando con la descarga de la mezcla en la tolva de desalojo.

Este tipo de descarga en masa previene la segregación que podría ocurrir si la mezcla saliera en una sola boca o varias bocas de descarga. Esto se debe a que las partículas mas pequeñas y pesadas retendrían a la mas grandes hasta el punto de que el ángulo de la pendiente sea muy elevado causando que las partículas mas grandes se muevan al fondo, y las mas pequeñas permanezcan en el centro. Esto se le conoce como efecto de cono o “Árbol de Navidad” y por eso no se deben utilizar descargas de una sola boca o por secciones en las mezcladoras. Ver la siguiente foto:

Segregación causada por descarga en flujo continuo.



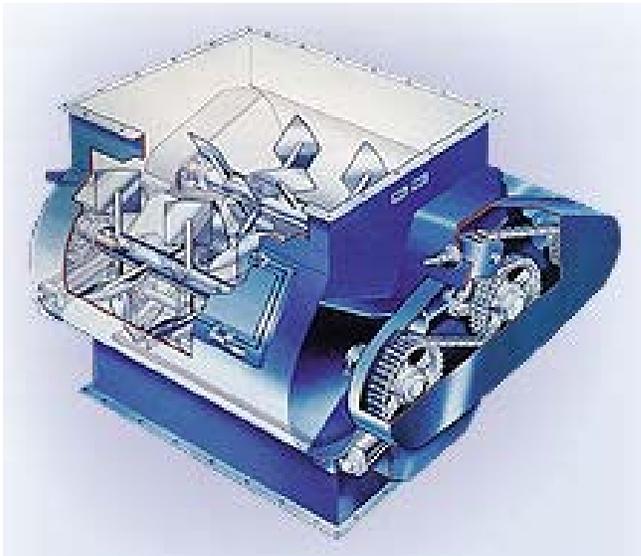
Segregación durante el Mezclado:

La segregación puede también ocurrir durante el mezclado si existe mucha diferencia en el tamaño de las partículas de los ingredientes en la mezcla. También la segregación puede ocurrir cuando el mezclado está por encima del tiempo óptimo determinado para la mezcladora. Esto sucede con frecuencia cuando los operadores, con el objetivo de mejorar la calidad, extienden el tiempo de mezclado.

Factores que pueden afectar la calidad “homogeneidad” de la mezcla:

- Llenado excesivo de la mezcladora. Las paletas, o cintas deben sobresalir por lo menos 5 cm de la superficie de la mezcla.
- La velocidad o rpm (3-40) que giran las paletas o cinta.
- Excesiva adición de líquidos (máx. 10%) que causen adherencias de material en la cinta, paletas, y apelmotonamiento de material.
- Secuencia de adición de los ingredientes
- Desgaste de las paletas o cintas
- Compuertas que no cierran bien permitiendo el escape de los ingredientes

Ejemplo de Mezcladoras Horizontales



Mezcladora de Paletas
Descarga total de fondo

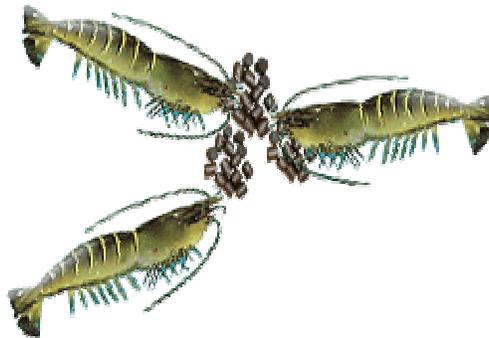


Mezcladora de Cinta



Mezcladora Horizontal de Aspas Forberg

EL PROCESO DE PELETIZACIÓN DE ALIMENTOS PARA CAMARÓN



El alimento de alta calidad es vital para el desarrollo y éxito de la industria camaronera, el cual puede representar hasta el 60% de los costos de producción en una granja. Por esta razón los alimentos deben ser formulados para cumplir con todos los requerimientos nutricionales de la especie. La calidad de alimento de camarón depende de la calidad nutricional de los ingredientes seleccionados, al igual de los métodos utilizados para producirlo. Los procesos utilizados para producir el alimento dictarán cuales van a ser las características físicas del mismo como la estabilidad en el agua, la forma y tamaño final del producto.

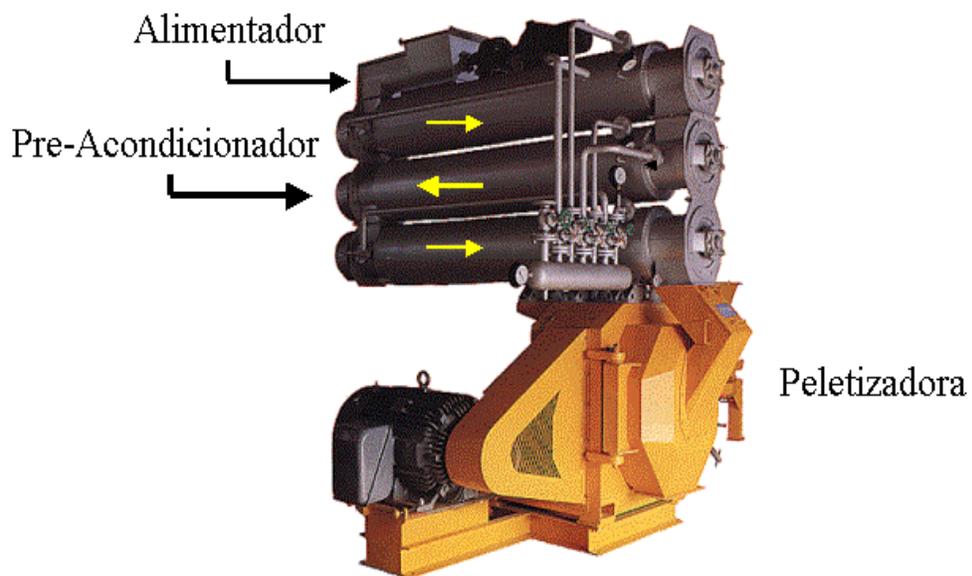
Por lo general los alimentos de camarón son procesados con una Peletizadora. La peletización es el proceso de extrusión forzada (presión) de una mezcla previamente acondicionada (humedad y temperatura) a través de un molde o matriz con orificios que le da la forma, comúnmente cilíndrica o “pellet”, y la densidad. Este proceso proporciona un pellet denso y sumergible que representa una fórmula completa con todos sus nutrientes listos para ser consumidos por el camarón.

La peletizadora

Por lo general la Peletizadora se compone del alimentador, la cámara de acondicionamiento o pre acondicionamiento, y la misma Peletizadora con sus otros componentes los rodillos, el dado, motor y carcasa. El trabajo real se produce en la cámara de peletización, que esta compuesta por los rodillos (2-3), y el dado o matriz de peletización.

La producción efectiva de pellets para camarón va a depender de las partes mecánicas (los rodillos) y su ajuste para generar la presión necesaria para extrudir la mezcla a través del dado o molde.

Las partes que componen una peletizadora se presentan en la siguiente figura:

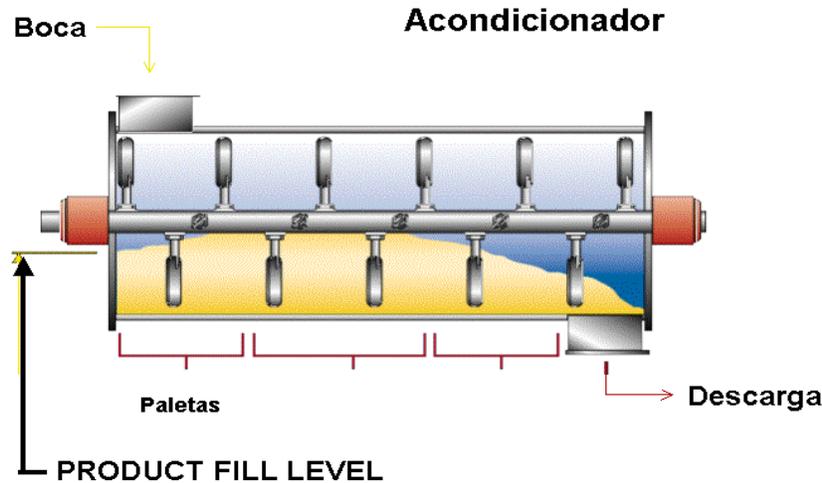


Alimentador

El alimentador es generalmente un gusano o tornillo sinfín que vierte la mezcla de la tolva al acondicionador. El ángulo de las aspas del gusano debe estar diseñado para suministrar la mezcla de una manera continua y sin fluctuaciones u oleadas al acondicionador. El

alimentador también actúa como un sellador para evitar que el vapor suministrado en el acondicionador escape por la vía de menor resistencia. Es importante que tanto el alimentador como el acondicionador entreguen la mezcla uniformemente, de otra manera las oleadas que se podrían generar en el acondicionador causarían capas gruesas en la pista del dado causando que los rodillos patinen y se tranque la Peletizadora.

Acondicionador o Preacondicionador



El acondicionador juega un papel extremadamente importante en la estabilidad final del pellet de camarón. Un acondicionador enchaquetado con inyección de vapor vivo en la mezcla aumenta la gelatinización de los almidones de la mezcla, y ayuda en el desarrollo de las propiedades funcionales de los ingredientes proteicos, como por ejemplo el gluten. La combinación de humedad, tiempo de residencia y temperatura son factores determinantes para alcanzar altas hidroestabilidades de los pellets de camarón. El acondicionador también se puede utilizar para activar aglutinantes comerciales.

Es más común utilizar acondicionadores enchaquetados cuando las mezclas ya contienen un alto contenido de agua, bien sea porque se adiciona agua directamente en el mezclado o porque se incluyen en la fórmula ingredientes crudos como trozos de pescado, calamares, o vísceras molidas de pescado. Esta práctica es común en Asia en donde el propósito del acondicionador enchaquetado es también el de remover exceso de humedad. De no removerse por evaporación, es muy probable que la peletizadora se tranque. Esto se produce porque los rodillos patinan en la pista del dado sin poder extrudir la mezcla húmeda que se acumula al punto de causar la tranca de la máquina.

A continuación se presentan las recomendaciones para producir alimentos peletizados de camarón con alta estabilidad en el agua:

- Tiempo de acondicionamiento mínimo 90 segundos, pero es preferible 270 a 350 segundos dependiendo de los ingredientes que se incorporan en la fórmula. El tiempo de residencia se puede ajustar cambiando el ángulo de las paletas y/o disminuyendo la velocidad del acondicionador.
- Aplicar vapor saturado de 1-2 bar (15-30 psi) de presión. Los puntos de inyección de vapor deben ser a la parte inicial del acondicionador para permitir más tiempo de contacto con la mezcla.
- La temperatura de la mezcla acondicionada debe ser no menor a 90 grados centígrados.
- La humedad de la mezcla a la salida del acondicionador debe estar entre 16-18%. A medida que la humedad incrementa se corre el riesgo de causar atascaduras en el dado. También para poder controlar la peletización a altos niveles de humedad se debe sacrificar la productividad ya que de otra manera es imposible lograr extrudir alimento en dados con relaciones de compresión como las que se usan para los alimentos de camarón.

Nuevas Tecnologías en Peletización

- *Acondicionador Presurizado*

Aunque esta tecnología ha estado en el mercado por algunos años como es el caso de Sprout-Waldron el cual ha utilizado este sistema pero en extrusión. A mi juicio esta es la primera vez que se utiliza un acondicionador presurizado en combinación con la prensa de peletización. También único de este sistema de peletización es que el dado es estacionario y no rotatorio como el de las prensas de peletización tradicionales en donde el dado gira y los rodillos son estacionarios.

Las ventajas de un acondicionador presurizado las podemos visualizar basándonos en las tablas termodinámicas para el vapor. A más alta presión el vapor tiene más energía la cual puede ser transferida a la mezcla. En las tablas de vapor podemos observar que al nivel del mar o a 101 kPa (1 psi) el contenido total de energía del vapor es de 638.25 kcal/kg. Sin embargo, a 115 kPa de presión (3 psi) el contenido de energía del vapor es de 640.7 Kcal./Kg. Esta diferencia representa un aumento en la temperatura de la mezcla de aproximadamente 3.6 ° C, que es en realidad una ventaja para lograr la gelatinización del almidón en el acondicionador. También a más altas presiones, la humedad y el calor pueden penetrar más rápidamente hacia el centro del granulo de almidón para así gelatinizarlo. Por lo tanto, se puede inclusive reducir el tiempo de acondicionamiento a solo algunos segundos en vez de más de 2 o 3 minutos que es lo recomendado.

Hasta la fecha el acondicionador presurizado no ha sido evaluado en la fabricación de pellets de camarón, para determinar si en realidad presenta alguna ventaja en la hidroestabilidad y en las conversiones.

- *Acondicionador Presurizado y Peletizadora con Dado Estacionario
Pelleting Concepts International*



- *Acondicionador Inclinado o Súper Acondicionador:*

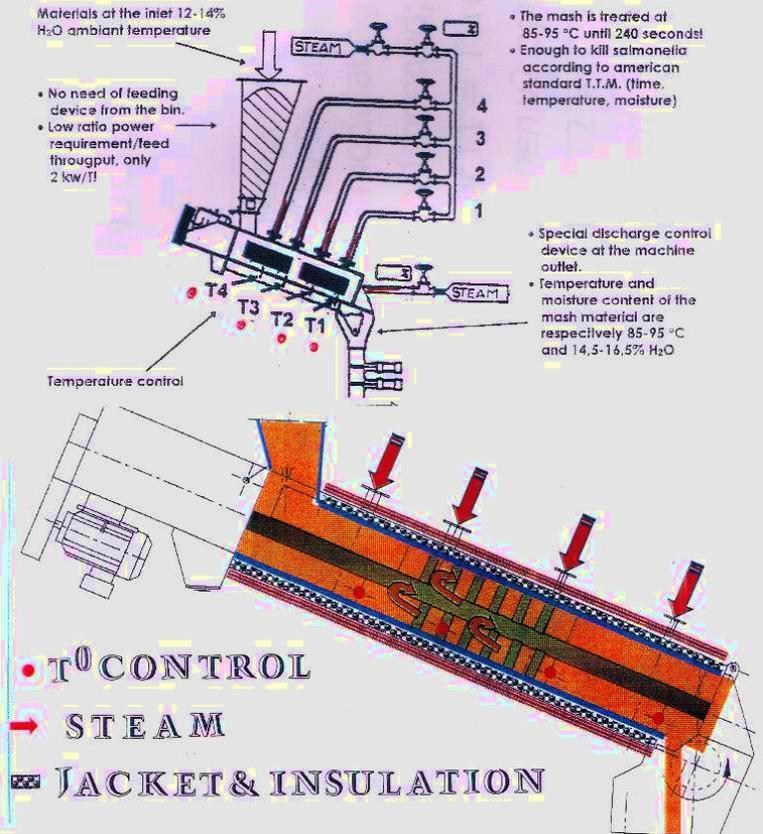
Este tipo de acondicionador se presenta como una nueva alternativa para incrementar la temperatura y la humedad de la mezcla. El equipo, a diferencia de los acondicionadores tradicionales, no está colocado sobre la peletizadora a nivel horizontal sino más bien en forma inclinada. En la boca de salida se encuentra una exclusiva y un tornillo alimentador que solo se activa cuando la mezcla acondicionada ha llegado a la temperatura deseada. De esta manera se asegura que el acondicionador se llene y que la mezcla se exponga al vapor que es inyectado. En los acondicionadores horizontales el acondicionador nunca se llena y por lo tanto quedan espacios vacíos en los cuales el vapor (gas) nunca está en contacto con la mezcla. Este tipo de acondicionador está siendo usado en la industria de balanceados Asiática con buenos resultados.

STOLZ SEQUIPAG "SUPER CONDITIONER"

.6.

→ Attached sketch for the datas of the mash before and after treatment.

THE "STOLZ" THERMAL or SUPER CONDITIONER!



Súper Acondicionador

Cámara de Peletización

Dados:



Los dados para fabricar alimentos de camarón deben ser de acero inoxidable altos en cromo. Esto se debe a que las formulas de camarón son bastante ácidas lo que podría causar la corrosión. Si no se puede lograr la calidad del pellet con este tipo de dados la segunda opción es utilizar dados de acero inoxidable carburizado. Por el tipo de aleación el coeficiente de fricción es mayor que el de acero al cromo lo que produce una mayor resistencia a la mezcla que se esta peletizando. Con este tipo de dados se pueden esperar reducciones en productividad y mayor desgaste no solo por la mayor fricción sino también por la menor resistencia a agentes ácidos que se incluyen en las formulas.

El espesor efectivo de los dados para camarón debe ser de 45 a 50 mm. Este es lo que se conoce como espesor efectivo o área de trabajo y no se le debe confundir con los alivios. Por lo general, los alimentos de camarón se peletizan en dados con agujeros de 1.8 a 2.2 mm de diámetro y una relación de compresión que oscila entre 18-22. La relación de compresión es simplemente el espesor efectivo del dado (50 mm) dividido por el diámetro del agujero (2.2 mm).



Rodillos

El aspecto más importante de los rodillos es su relación con el dado. Cualquier cosa que le suceda al rodillo también afectara al dado. La función del rodillo es proporcionar la fuerza de compresión entre el alimento y el dado. El dado ofrece la fuerza de resistencia que depende de su espesor (área de trabajo efectivo), coeficiente de fricción, y diámetro del orificio. Para una eficiencia y vida máxima del dado, se recomienda, como regla general, utilizar un juego de rodillos nuevos siempre que se coloca un dado nuevo.

Uno de los problemas mas comunes que se observa en los dados de plantas en donde se fabrican alimentos para camarón es el desgaste de la pista del dado. Este desgaste se observa como un planchado que causa el bloqueo de los agujeros por donde entra la

mezcla. Este fenómeno es común debido al sobre ajuste de los rodillos ya que los operadores tratan de obtener la mayor tracción posible con la creencia de que de esta manera van a lograr mayores productivas. Lamentablemente esta práctica produce efectos contrarios ya que al bloquear la entrada de los orificios la productividad y la vida del dado disminuyen considerablemente.

Para ajustar los rodillos se puede usar una etiqueta para medir la separación entre la cara del dado y el rodillo. Después de haberlos ajustado arranque la peletizadora y con cuidado observe si los rodillos tienen movimientos intermitentes tocando y saltando la cara del dado “toques en brincos”.

Los rodillos pueden tener muchas configuraciones, pero siempre hay que buscar el que tenga mejor tracción. Por eso se recomienda usar rodillos con el mayor número de corrugaciones (canales) y que estos estén cerrados. Los de canales abiertos permiten que la mezcla se escurra por los lados impidiendo ser comprimida en los agujeros del dado.

Post-acondicionador

Seguidamente de la peletizadora los pellets entran a lo que se le conoce como post – acondicionador. Este es un equipo diseñado para retener los pellets calientes por más de 5 minutos. Los post-acondicionadores pueden ser horizontales y tan sencillos como un transportador de paletas, al cual se le ha colocado un variador de frecuencia para reducirle la velocidad y así darle mayor retención al pellet caliente. También pueden ser transportadores de arrastre enchaquetados que permiten mantener la temperatura del pellet entre 90-100 grados centígrados, o equipos mas sofisticados que permiten inyección de vapor y mantener el pellet por mas de 10 minutos.

Cualquiera que sea el método, la post-cocción es después del pre-acondicionamiento, el proceso más importante en la fabricación de alimentos de alta hidroestabilidad. Cualquiera que sea el método utilizado para producir los pellets (extrusión o expanders) la post-cocción incrementa la hidroestabilidad en más del 20%.

La post-cocción funciona porque permite que el pellet este caliente por más tiempo y así se logre mayor gelatinización de los almidones. Pero aun más importante es el hecho de que la humedad que se libera por enfriamiento evaporativo ocurre lentamente. Las moléculas de agua, al evaporarse lentamente, dejan espacios libres y al mismo tiempo, otras moléculas comienzan a acercarse (entre moléculas de almidón y almidón, proteínas y proteínas o sus combinaciones) formando una estructura mas compacta, sin grietas ni espacios vacíos. Lo contrario sucede con el pellet que sale de la peletizadora y entra inmediatamente al enfriador. En este caso el pellet se enfrenta a un choque térmico, se enfría (libera su humedad) rápidamente al punto de que micro grietas se forman a lo largo del mismo y dentro de su estructura interna. Estas micro grietas y espacios vacíos son la consecuencia de la baja estabilidad de los pellets en el agua.

Post-Acondicionador Vertical Geelen



Secador / enfriador

Debido a los bajos niveles de humedad del producto a la salida de la peletizadora o post-acondicionador es muy posible que no necesite un secador. Este es el caso de los países tropicales pero en regiones frías con humedad relativa baja es posible que si se deba incluir el secador.

El tipo de secador / enfriador que se debe utilizar debe ser de tipo horizontal. Esto se debe a que los pellets son suaves y pueden compactarse en los secadores o enfriadores verticales. El secador debe ser de vapor o gas, y pueden ser de paso sencillo o doble. En la unidad de paso sencillo, los pellets se introducen en el extremo opuesto y son transportados hasta la salida por un transportador de malla. En la unidad de paso doble, los pellets caen de la banda superior a la inferior que los transporta hasta la salida. En ambas unidades el aire caliente o frío se introduce por debajo a través del producto. La reducción de la humedad en el producto que se somete al enfriador se produce por el efecto de enfriamiento evaporativo, en el cual la humedad emigra en forma de vapor al aire que su vez es calentado. Este aire más caliente tiene mayor capacidad de contener humedad lo que hace que el producto se enfríe. Lo mismo sucede con el proceso de secado solo que en este caso el aire caliente es forzado a través del producto para así remover la humedad que contiene.

Rodillos Trituradores o Desmoronadores



Los rodillos desmoronadores se utilizan para romper los pellets y así producir las migajas. Estas migajas producen los diferentes tamaños de alimentos iniciadores utilizados para alimentar camarones desde el periodo larval hasta el juvenil.

Una de las creencias que existen en la industria de balanceados es que por ser alimento en migajas no se le debe prestar la misma importancia que al alimento peletizado. Lo cierto es que este tipo de alimento debe tener los mismos controles de calidad, y en principio debe cumplir con todos los parámetros establecidos de hidroestabilidad. Por lo tanto un pellet de buena calidad nutricional, y con alta estabilidad debe ser el requisito para producir migajas de buena calidad.

Los tamaños mas comunes de migajas para camarón son: 1.5-3.0 mm, 1.0-1.5 mm, y 0.6 – 1.0 mm con porcentajes de distribución de 60, 30, y 10 % respectivamente. Aproximadamente un 10% de los pellets pasaran enteros entre los rodillos. Estos deben separarse en le proceso de tamizado para ser devueltos a los rodillos.

Tamizado

Después del enfriador o secador los pellets enteros o migajas se pasan por un tamiz. Los pellets enteros para remover los finos los cuales son reciclados a la peletizadora. Sin embargo no se recomienda reciclar mas del 5% de finos ya que puede afectar la estabilidad del agua del pellet debido a que los aglutinantes naturales o sintéticos ya han perdido sus propiedades de cohesión. Si en el proceso se produce más de 5% de finos puede ser indicativo de que existe un problema en el proceso. Un de estos problemas puede ser desgaste del área de trabajo del dado que tiene como consecuencia la producción de pellets más frágiles.

Cuando se producen migajas (iniciadores y crecimiento) se recomienda utilizar separadores o zarandas horizontales de rotación para así obtener todos los tamaños requeridos. La eficiencia de separación de un cedazo normal no es suficiente ya que requiere mas tiempo de residencia y el material tiende a tapar las mallas. La zaranda de rotación horizontal puede tener hasta 6 niveles de mallas. También tiene por ventaja que oscila en tres planos, dos de ellos horizontales que causan el movimiento de rotación y otro vertical, que promueve la eficiencia del tamizado.

Recubrimiento

La mejor manera de lograr alimentos de alta energía y reducir los costos de formulación es incluyendo aceite. Debido a que el aceite solo se puede incluir en la mezcla en un máximo de 3% para no afectar la calidad del pellet, el resto hasta 10% se debe rociar sobre el pellet después del tamizado o antes del empaque. El método para rociar aceite, o mezclas de aceite con lecitina y solubles de pescado, debe ser lo mas gentil para que no se produzcan rupturas en el pellet. Por esta razón los equipos mas utilizados son los rociadores de tambor.

Existen otros equipos como el mist coater que rocía aceite o mezclas de líquidos por medio de un plato. Este plato gira a altas revoluciones creando una cortina al mismo tiempo que los pellets caen. Después de pasar por la cortina los pellets son transportados por un transportador con aspas cortadas para evitar que sean maltratados.

Los recubridores por vacío son más nuevos en el mercado. Este equipo rocía aceite por lotes. El alimento entra al equipo el cual tiene una capacidad determinada, inmediatamente se cierra y un sistema neumático saca todo el aire dentro de la cámara creando un vacío. Posteriormente los líquidos se adicionan. La ventaja de este equipo es que los líquidos, en este caso aceite de pescado, penetra en las porosidades del pellet y por lo tanto ofrece otra barrera en contra del agua. La desventaja es que es un equipo demasiado costoso.

PROCESO DE EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS PARA ACUICULTURA

El proceso de Extrusión en la producción de alimentos acuáticos está creciendo con rapidez en todo el mundo. Su crecimiento se debe principalmente a la versatilidad del proceso que permite que se puedan producir alimentos densos (550 g/l) para camarones y otras especies que se alimentan en el fondo, semi-densos (500- 525) g/l que se hunden lentamente para salmones, y alimentos flotantes (<500 g/l) para especies que se alimentan en la superficie tales como la Tilapia, el bagre (también se alimenta en el fondo), la Cachama (Pacú), trucha, carpa, y especies de importancia ornamental como las carpas Koi y peces de acuario.

Definición de Extrusión

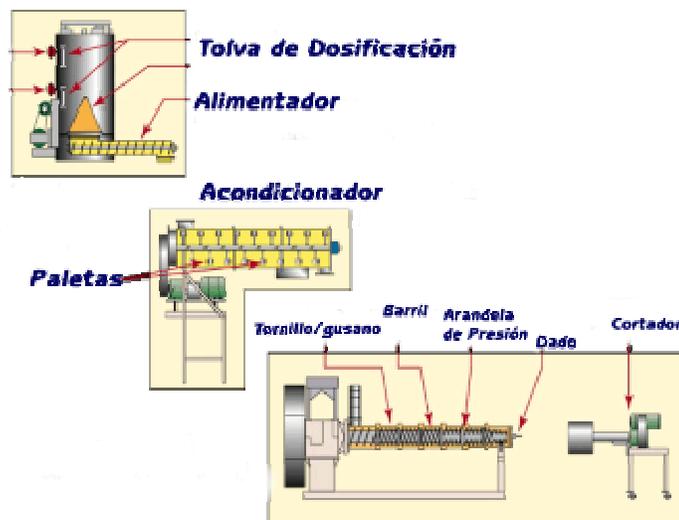
En el proceso de peletización se menciona la palabra extrusión. En el proceso de peletización, al igual que en la extrusión se extrude una mezcla de ingredientes a través de los orificios del dado. A diferencia de la peletización el proceso de extrusión incluye un proceso de cocción a alta temperatura y presión, en corto tiempo (5-10 segundos) producido por la disipación de la energía mecánica la cual es transferida a la mezcla por medio de los elementos (sinfín o gusanos, las paredes del barril) del extrusor. Durante el proceso la mezcla que se alimenta a el extrusor es en forma de harina; a medida que se somete a alta presión y temperatura, y a las fuerzas de corte de los elementos actúan, esta cambia hasta formar una masa visco- elástica con características similares a un plástico derretido (fluido no Newtoniano en este caso). Por eso también se le conoce como un proceso de cocción termoplástico.

Este proceso de cocción a altas temperaturas y corto tiempo (HTST) tiene las siguientes ventajas: 1) mejora la digestibilidad, en particular la de los cereales (dextrinización) ya que se rompe la estructura molecular de la amilosa y amilopectina liberando cadenas más cortas de glucosa que a su vez pueden ser digeridas mejor con mayor facilidad (más substrato por superficie de área) en el tracto digestivo, 2) inactivación de factores antinutritivos (i.e. inhibidor de tripsina en la soya cruda), 3) incrementa la resistencia de los alimentos a su degradación en el agua (hidroestabilidad). En referencia a este último

punto, no se debe pensar que al lograr una mayor gelatinización se va a obtener una mejor hidroestabilidad. La realidad es que a medida que se dextrinizan mas los almidones es menor la hidroestabilidad. Esto se debe principalmente a que se pierde la cohesión que existe entre los gránulos de almidón y además, el pellet que es producido por este método es más soluble en el agua por ser más poroso. Este alto grado de porosidad, es una ventaja para los alimento flotantes, pero para los sumergibles requiere que la mezcla extrudada se recomprima para formar un pellet denso. Para evitar la dextrinización excesiva se debe configurar los elementos del extrusor de manera que impartan menos fuerza de corte, es decir generen menos cocción y disminuyan su tiempo de residencia en el extrusor. Esto se logra utilizando elementos de transporte hacia delante, sin arandelas de presión o áreas en donde se restrinja el flujo de la masa termoplástica.

Partes del Extrusor:

- *Tornillos o elementos:* Estos son segmentos que dependiendo de su configuración (paso, ángulo y espesor) pueden ser de transporte, de cocción, reversos, o cónicos (parte final)
- *Barril:* Son los elementos que recubren los tornillos y el eje. Los barriles pueden ser enchaquetados o no, e inclusive circular refrigerantes o vapor e incluso fluidos a alta temperatura.
- *Dado:* este es la parte final del extrusor y es el responsable por dar la forma final al producto. El dado es el elemento mas importante para generar presión en sentido opuesto al flujo lo que produce el incremento de la presión y la temperatura en el extrusor.
- *Cuchillas de corte:* Las cuchillas son obviamente utilizadas para cortar el producto final; pero dependiendo del producto las cuchillas puede ser rígidas, flexibles y también solo un hilo de acero (productos altos en humedad).



Tipos de Extrusores

- *Extrusores cocedores en seco*

Este tipo de extrusor es el más sencillo, no tienen chaquetas en el barril o preacondicionador. Este equipo fue diseñado principalmente para extrudir frijol de soya pero tiene aplicaciones en la producción de alimentos acuáticos en donde el costo de inversión inicial es una limitante. Sin embargo son equipos con capacidad productiva limitada.

Aunque se les conoce por el nombre de extrusores en seco si utilizan inyección de agua. De otra manera sería imposible producir cualquier alimento sin bloquear o atascar la máquina.



Extrusor Seco Insta-Pro

- *Extrusores cocedores con pre acondicionador*

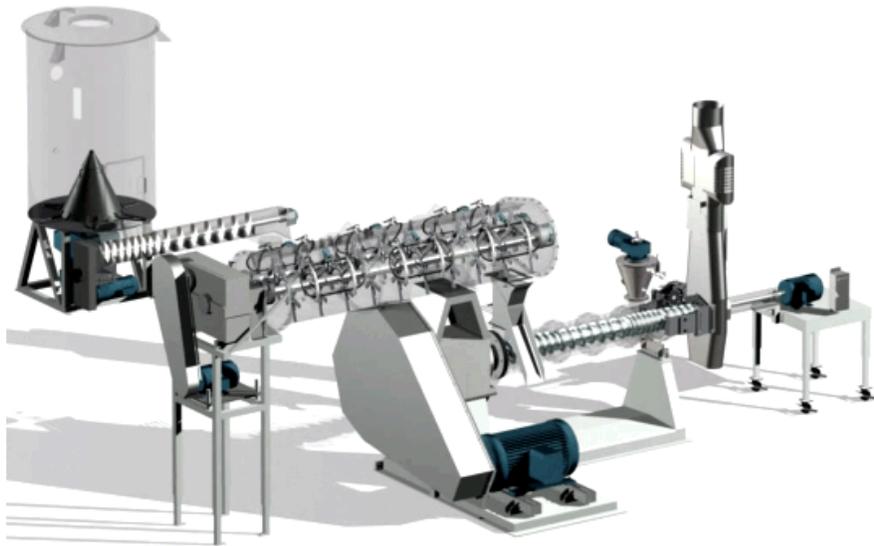
Estos extrusores están equipados con un acondicionador y cabezales enchaquetados por donde se puede circular vapor, agua caliente o fría, u otros líquidos con el propósito de transferir calor a la masa.

Estos extrusores pueden ser de un tornillo o de dos tornillos. La gran mayoría de los alimentos acuáticos son fabricados con extrusores de un tornillo. Aunque el de dos tornillos ofrece más ventajas la limitante es el capital inicial de inversión ya que estas máquinas, más sofisticadas, tienen un costo entre 1.5-1.7 veces mayor que el de un tornillo. Igualmente el desgaste de las piezas de este extrusor es 1.5 veces más que el extrusor de un tornillo. Estos extrusores operan con rangos de humedad de 22-28% lo que permite que logren mayores capacidades que los extrusores “secos”

Las capacidades de los extrusores de un tornillo pueden variar según el fabricante. Existen equipos con capacidades de hasta 15 toneladas métricas por hora. Dentro de la categoría de extrusores de un tornillo también se puede incluir los expansores o como normalmente se les llama “Expanders”.

En el caso del expandir un cono al final del extrusor regula la salida y por lo tanto la presión, temperatura, tiempo de residencia, y capacidad de la maquina. El alimento es extrusado en forma laminar el cual es desmoronado por un juego de rodillos para finalmente entrar a la peletizadora en donde la masa es recomprimida en pellets. Los extrusores con dos tornillos, por su costo, solo se usan en aplicaciones especiales

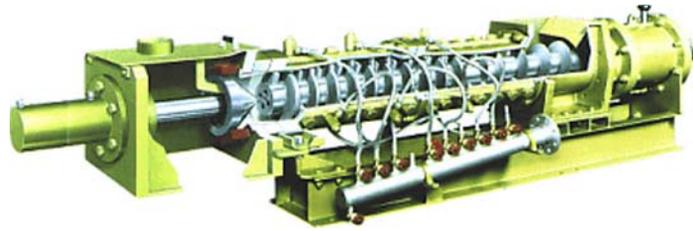
Extrusor de un Tornillo Wenger



Extrusor de dos Tornillos Wenger



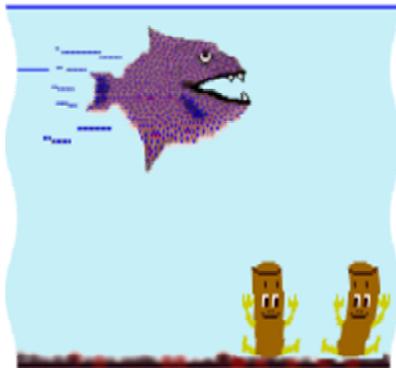
Expansor Amandus Kahl



- *Extrusores de Moldeo en Frío*

Este tipo de extrusores también se utiliza para producir ciertos alimentos acuáticos húmedos. En esta categoría podemos encontrar desde modelos sencillos como un molino de carne, hasta extrusores enchaquetados y aun mas complejos en los cuales el tornillo tiene un sistema interno de recirculación de agua para evitar elevar la temperatura de la mezcla.

QUE TIPO DE ALIMENTO FLOTANTE O SUMERGIBLE?



Los alimentos acuáticos dependiendo del proceso y de los ingredientes utilizados, pueden ser: sumergibles, flotantes y semi-sumergibles (hundimiento lento).

Los alimentos sumergibles, tipo pellet, y los alimentos de flotantes son producidos bajo parámetros de proceso muy distintos.

Para entender como se producen estos tipos de alimentos es necesario que entendamos primero como se produce la expansión. La expansión se produce a la salida del dado o cuando la masa amorfa es expuesta a la presión atmosférica. Este cambio súbito de alta presión, dentro del extrusor, a baja presión es lo que produce la expansión, que es básicamente la evaporación a altas velocidades del agua. El agua dentro del extrusor, debería ser vapor por las altas temperaturas del proceso. Sin embargo, debido a la alta presión (400 -800psi) su estado es líquido. Al salir del extrusor el producto se expone a la

presión atmosférica, que trae el cambio de estado del agua de líquido a gaseoso (vapor). Al liberarse este agua del extrudado deja pequeñas celdas de aire. Dependiendo del número de celdas y de su tamaño se obtendrán densidades por debajo de 500 g/l que hará que el pellet flote. Dependiendo del contenido de almidón, aceite o grasa, y de las condiciones de procesos se puede producir más o menos expansión. También se pueden utilizar agentes nucleantes como fibra pulverizada o carbonato de calcio para incrementar el número de celdas. Mientras sea mas chico el agente nucleante mas chicas serán las celdas y por lo tanto se podrán obtener texturas mas uniformes.

A continuación se presentan los diferentes métodos para producir alimentos can densidades diferentes:

Producción de alimentos flotantes

Para producir alimentos expandidos que floten primero tenemos que tomar en cuenta la formulación. Se requiere un mínimo de 20% de almidón en la formula. A continuación se presentan las condiciones del proceso.

1. Añadir entre 6-8% de agua y vapor en el pre acondicionador.
2. Presión en la región del dado debe ser entre 500 – 545 psi.
3. Temperatura de la mezcla antes del dado 120-140 °C.
4. Contenido de agua en la mezcla antes de salir del dado debe estar en 25-28%.
5. Área abierta en el dado debe ser de 200-250 mm cuadrados por tonelada métrica de producción..
6. Densidad del producto al salir del dado 320-400 gramos por litro.
7. La flotabilidad se puede incrementar secando el producto a temperaturas elevadas.

Producción de alimentos sumergibles

En el caso de los alimentos sumergibles como el alimento de camarón, las condiciones de proceso del extrusor se modifican para así lograr densidades superiores a los 500 gramos / litro. Las condiciones del proceso son las siguientes:

1. Utilizar un cabezal de descompresión antes del dado. Esto es con el fin de provocar la expansión de la masa que es posteriormente recomprimida en las últimas secciones del dado en donde se le da la forma del tubular del pellet.
2. La temperatura de la mezcla a la salida del acondicionador debe estar entre 70-90 °C
3. Temperatura antes de la masa antes del dado debe estar entre 115-120 °C.
4. La presión en la región del dado debe estar entre 380-440 psi
5. Área abierta en el dado 550-600 mm cuadrado por tonelada métrica.
6. La temperatura en los cabezales debe ser controlada por medio del sistema de enfriamiento automático.
7. La humedad a la salida del dado es aproximadamente 26%.

Producir alimento sumergible es más difícil cuando los niveles de almidón son excesivos y los niveles de grasa son menores al 12%. El proceso de secado de este tipo de productos también es crítico ya que el exceso puede reducir la densidad al punto que flote. Por lo tanto las temperaturas de secado deben ser moderadas.

Nuevas tecnologías en extrusión

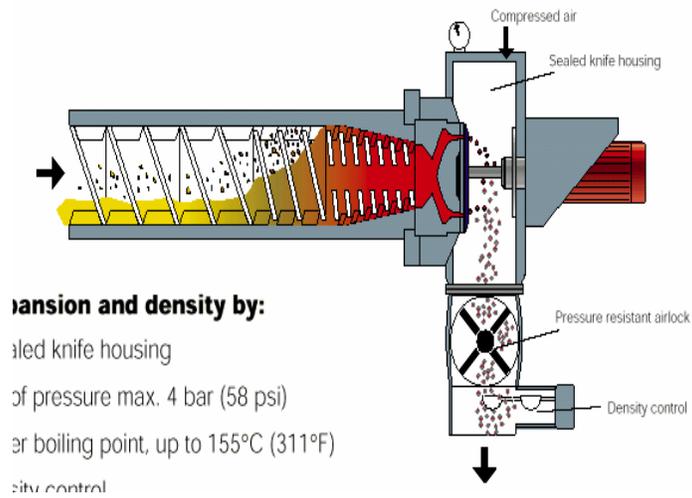
Hace un año aproximadamente la empresa Danesa Sprout-Matador lanzó al mercado la “cámara de control de expansión” para producir alimentos de camarón sin necesidad de recurrir a una sección del barril abierta. Esta cabina se coloca a la salida del dado en conjunto con la unidad de corte. La presión es regulada a su vez por un sistema neumático positivo.

El principio por el cual funciona es el de controlar la presión a la salida del dado la cual debe estar por encima de la presión atmosférica. A mayor presión menor será la expansión y por lo tanto la densidad del producto será mayor. El sistema está equipado con un medidor de densidad en línea y una válvula rotativa por donde los pellets salen hacia el post acondicionador o secador y/o enfriador.

Por lo nuevo de este equipo en el mercado desconozco cual puede ser la calidad del producto terminado en lo que se refiera a hidroestabilidad y eficiencias alimenticias. Sin embargo, este equipo tiene como ventaja su versatilidad ya que se pueden producir todo tipo de alimentos (hundimiento y flotantes) con un solo equipo sin hacer modificaciones.



Cámara de Control de Expansión Sprout-Matador



AGRADECIMIENTOS

Se le agradece por su colaboración y apoyo a las siguientes empresas:

- Jacobson, Inc.
- Sprout-Matador
- Clextrel
- Instra Pro International
- Amandus Kahl
- Jacobs
- Wenger, Inc.