

## Producción de Alimentos Para Camarón Estables en el Agua

Bernard Devresse

TESGOFARM AQUA BV, Croylaan 14 P.O. Box 85, 5735 ZH Aarle-Rixtel, The Netherlands, Tel: 31 492 388 866, Devresse@Croy-Group.NL

---

La importancia de la estabilidad de los alimentos para camarón ha sido discutida desde que la industria del cultivo de camarón empezó. Como el alimento puede representar del 50 al 60% del costo total de producción, cualquier mejora en su uso, formulación o proceso tiene un impacto económico inmediato y positivo. Es muy probable que con alimentos estables en el agua se obtengan mejores crecimientos y factores de conversión alimenticia que al utilizar alimentos con baja estabilidad ya que estos últimos se pueden desintegrar antes de que sean consumidos por el camarón. Se han publicado varios artículos en los cuales se plantean una guía para la elaboración de alimentos estables para camarón (Tan y Dominy, 1997). Las recomendaciones incluyen un diagrama de flujo de la planta de alimentos, y los puntos sobre los cuales cada productor de alimentos deberá prestar mayor atención para asegurar un proceso óptimo. En resumen, una típica Planta de Alimentos para camarón presentará una serie de maquinaria especializada para la producción de alimento para camarón, las cuales son:

- 1.- Reducción tamaño de partícula o molido fino (utilizando micro-pulverizadores o molinos de martillo con tamices finos);
- 2.- Adecuado acondicionamiento de los ingredientes, siendo un acondicionador de triple cámara de vapor el típicamente utilizada;
- 3.- Peletizadora
- 4.- Post-acondicionador, en el cual los pelets son mantenidos calientes y húmedos por un determinado período de tiempo (20-30 min.);
- 5.- Secado y enfriado.

Los pasos 1, 2 y 4 son utilizados solo para la producción de alimento para camarón. Los alimentos peletizados para peces o animales terrestres son normalmente fabricados sin una consideración extra en la molienda, acondicionamiento o post-acondicionamiento. A través de estos procesos especiales, el productor de alimento está intentando aumentar al máximo la gelatinización de la fracción del almidón del alimento y en menor grado el cocimiento del gluten vital presente en el trigo o añadido como una materia prima individual.

Aunque se ha adquirido mucha experiencia práctica y muchas recomendaciones han sido publicadas, hay poca información disponible sobre lo que realmente ocurre durante el proceso de peletizado y las transformaciones que ocurren en el alimento durante su producción. También debe admitirse que frecuentemente los fabricantes de alimento para camarón aún tienen problemas con la estabilidad en agua que presentan sus alimentos, a pesar de estar utilizando el equipo recomendado en el diseño de su planta productora. Examinar más de cerca la transformación del almidón durante el proceso de fabricación del alimento pudiera ayudar a enfocar nuestros esfuerzos sobre qué pudiera hacerse para mejorar significativamente la estabilidad de los alimentos en agua.

**¿Qué es la gelatinización del almidón? ¿Por qué la gelatinización del almidón proporciona un alimento estable en el agua?**

El almidón nativo está presente en forma de gránulos compactos en las células vegetales, como se muestra en la Foto 1. La forma bajo la cual el almidón nativo está presente en las células vegetales ha sido descrita como una estructura cristalina (Tan y Dominy, 1992). Las largas cadenas moleculares del almidón están fuertemente empaquetadas dentro de estos gránulos. Una vez que los gránulos han absorbido agua y calor estos se vuelven inestables. Si los gránulos de almidón han absorbido suficiente humedad y han sido expuestos a calor por un período de tiempo específico, los gránulos explotarán, perdiendo completamente su bien organizada estructura cristalina. Se forma una gelatina, que es una estructura amorfa típica de largas cadenas de amilosa y amilopectina. Esta gelatina formada por la gelatinización del almidón es la responsable de la estructura y aglutinación del alimento. Las cadenas de amilosa y amilopectina se extenderán en todas las direcciones y se ligarán con otros ingredientes gracias a sus radicales hidroxil-hidrófilos.



*Figura 1. Fotografía de microscopio electrónico que presenta los gránulos compactados de almidón presentes en las células vegetales.*

El proceso de gelatinización ocurre en varias etapas durante el proceso de peletización (Devresse, 1997). La absorción de humedad ocurrirá en el mezclador si el agua es adicionada en la mezcladora, y en el acondicionador si directamente se le inyecta vapor. La absorción de calor ocurrirá en el acondicionador, en el dado peletizador y en la cámara post-acondicionadora. La ruptura de la estructura cristalina es estimulada por el corte mecánico y la fricción que suceden en el dado del peletizador. El corte mecánico rasga la fina fibra que encapsula al granulo de almidón y permite que el proceso de gelatinización se lleve a cabo bajo condiciones sub-óptimas de hidratación y temperatura.

## **El proceso de peletizado está limitado por la cantidad de agua o vapor agregada**

La mayoría de los problemas de estabilidad en agua de los alimentos para camarón están básicamente relacionados al hecho de que muy poca agua es adicionada para favorecer la gelatinización del almidón. Una condición ideal para la gelatinización del almidón pudiera ser la presencia de un exceso de agua, además de calor y tiempo adecuados. La temperatura y el tiempo pueden fácilmente proporcionarse durante el proceso de peletización, ya sea por el acondicionamiento de los ingredientes a 90°C o superior por más de 90 segundos antes de ser peletizados, o mediante la retención del pelet por un periodo adecuado en el post-acondicionador (20-30 min) a una temperatura de 90°C o más. Desafortunadamente, no se puede agregar más de un 6 ó 7% de agua a la masa de ingredientes sin que el molino peletizador se bloquee. Por arriba de cierto nivel de humedad la masa de ingredientes se vuelve muy plástica, y el molino peletizador no será capaz de empujar estos ingredientes a través del dado peletizador. Se puede entender que la adición de un 6 o 7% de agua resulta ser muy poca al compararla con el 25 o 30% de almidón usualmente presente en un alimento para camarón. Esta cantidad de agua no es suficiente para llevar a cabo una gelatinización completa de todo el almidón presente, por lo que es aceptado que no se alcanzará una gelatinización completa con la cantidad de agua que se acostumbra adicionar al proceso de peletización. Esto puede ser constatado a nivel microscópico, en donde cualquier gránulo de almidón requerirá una cantidad mínima de agua (una especie de valor crítico) para que experimente el proceso de gelatinización. Si el nivel de humedad en el gránulo de almidón no alcanza este nivel crítico la gelatinización no tendrá lugar. Una consecuencia de este razonamiento intuitivo es que si se adiciona un 6-7% de agua, y es perfectamente distribuida en toda la pasta formada por los ingredientes, ningún gránulo de almidón tendrá suficiente humedad para gelatinizar. Esto pudiera explicar el por qué un lote de ingredientes que se les haya adicionado agua en el mezclado, y dejado en contacto toda la noche antes de ser peletizado resultan en pelet con baja estabilidad.

La figura 2 muestra la imagen obtenida por microscopia electrónica de barrido de un alimento para camarón con baja estabilidad en agua. Es importante notar que todos los gránulos de almidón están intactos y no han perdido su estructura típica. Como comparación la figura 3 muestra una vista de un alimento extruído en donde no se observan claramente las estructuras de los gránulos de almidón, esto es, la gelatinización ha sido completa. La figura 4 muestra la imagen obtenida por microscopia electrónica de barrido de un alimento para camarón con buena estabilidad. Resulta interesante el notar que a pesar de que los gránulos de almidón no desaparecen completamente, su superficie es diferente, no intactas y un poco erosionadas. Estos gránulos de almidón han sido parcialmente afectados y sus superficies han sido gelatinizadas. La cantidad de agua disponible en el proceso de peletización (6-7%) pudo haberse distribuido en la superficie de los gránulos de almidón provocando un tipo de gelatinización local. Esto se puede conseguir mediante el uso de vapor directo en el acondicionador y evitando que los ingredientes húmedos permanezcan así durante mucho tiempo antes de ser peletizados.

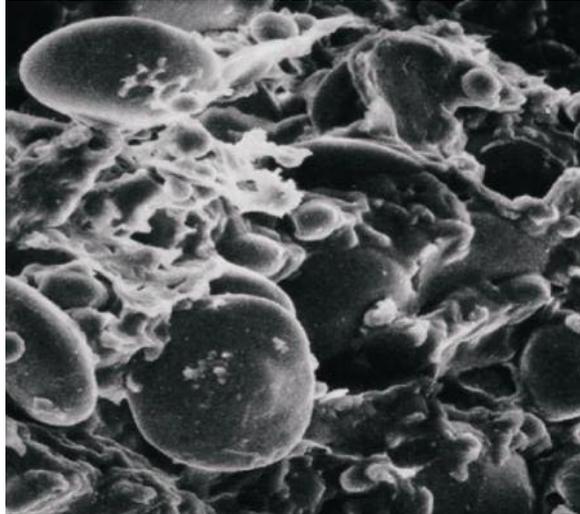


Figura. 2 *Fotografía de microscopio electrónico que muestra un alimento para camarón con baja estabilidad en el agua.*



Figura. 3 *Fotografía de microscopio electrónico que muestra una vista de un alimento extruído donde ninguna clara estructura de gránulo de almidón parece ser vista y la gelatinización ha sido completada*

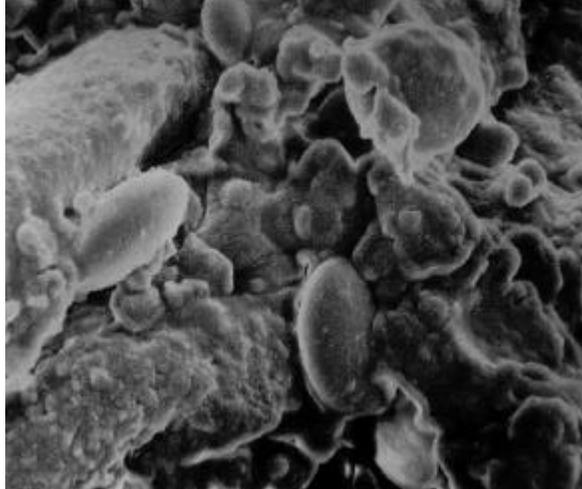


Figura 4. Fotografía de microscopio electrónico que muestra una vista de pelet de camarón que presenta buena estabilidad en el agua

### Algunos datos experimentales

Los siguientes experimentos se llevaron a cabo para evaluar el efecto de varios parámetros conocidos por su efecto positivo sobre la estabilidad del alimento para camarón (De Kinne, 1995), como los son el molido, acondicionamiento, características del dado, presencia de ligantes, etc. El molido fino de ingredientes ha mostrado que mejora la estabilidad en agua (Obaldo *et al.* 1998). El tipo de almidón también puede ser importante, así como el acondicionamiento (temperatura y tiempo), las características del dado, etc.

La figura 5 muestra los resultados de estabilidad en agua obtenidos utilizando un dado con una relación de compresión de 10 (relación de compresión normal utilizado para alimentos de animales terrestres), además se usaron dos tipos diferentes de almidón y dos tiempos de acondicionamiento diferentes. El tamaño de partícula del almidón de papa utilizado era extremadamente fino (calidad harina). El almidón de papa tiene una temperatura de gelatinización más baja que la que presenta el almidón de maíz. Se utilizó el almidón de maíz por presentar un tamaño de partícula muy fino, y se comparó contra trigo entero molido.

Sorprendentemente, el tamaño de partícula no mejoró la estabilidad como se esperaba. Tampoco la baja temperatura de gelatinización del almidón de papa parece tener influencia positiva sobre la estabilidad en agua. Altos tiempos de acondicionamiento también presentaron un impacto negativo sobre la prueba llevada a cabo con trigo entero.

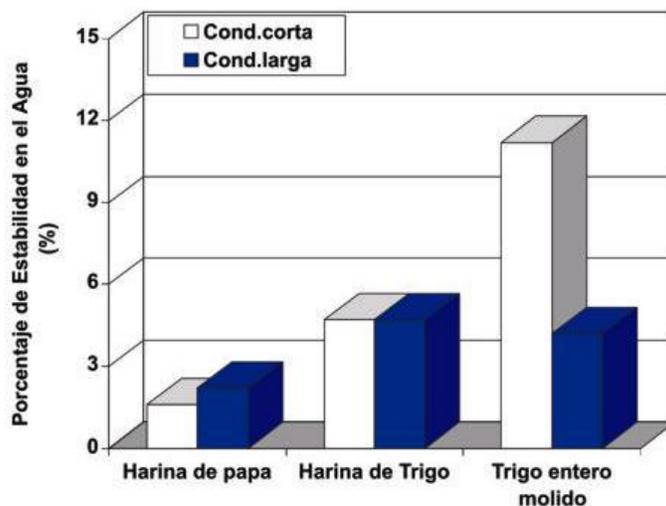


Figura 5: Efecto del almidón natural sobre la estabilidad en el agua de alimento para camarón peletizado. Con un dado de 2 x 20 mm y dos tiempos de acondicionamiento han sido evaluados.

Estos sorprendentes resultados se pueden interpretar como sigue:

- Un tiempo excesivo de acondicionamiento puede tener un efecto lubricante sobre el proceso de peletización, por lo tanto reduce la compactación y dureza del pelet.
- El tamaño de las partículas de almidón no eran demasiado pequeñas o finas. Existe un tamaño de partícula óptimo para peletizar alimento para camarón. La razón de esto no está completamente clara, pero podemos suponer que partículas muy pequeñas de almidón absorberán agua más fácilmente (debido a su pequeño tamaño y alta relación superficie-volumen) y previene la "gelatinización de superficie" discutida anteriormente.

La figura 6 muestra los resultados obtenidos al evaluar diferentes temperaturas y tiempos de acondicionamiento, así como la presencia o ausencia de ligantes (ligante Urea-Formaldehído UF). El efecto del ligante resulta muy evidente cuando los pelets son fabricados utilizando un dado de 2X20 mm. Según estos resultados no existen una mejoría por el incremento en el tiempo y temperatura de acondicionamiento. Estos resultados se podrían explicar de la siguiente manera:

- De nuevo, un acondicionamiento excesivo, esto es, demasiado caliente o por mucho tiempo, provocará la lubricación del dado, con lo que reduce la compactación de la pasta, además de que reduce la fricción/corte necesarios para la gelatinización parcial de los gránulos de almidón. Este impacto negativo evitará que la influencia positiva de la hidratación del alimentos pueda ser apreciada.
- El ligante no es fuertemente dependiente en las condiciones de producción favoreciendo la gelatinización del almidón. La temperatura y tiempo son las dos variables principales que incrementan el efecto de ligantes UF. Esto explica los buenos resultados logrados con el ligante aunque ninguna o muy poca gelatinización del almidón haya ocurrido.

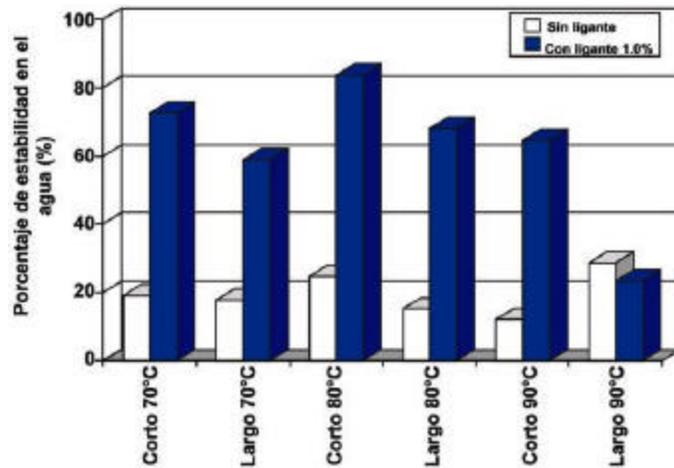


Figura 6: Efecto de acondicionamiento (tiempo y temperatura) e inclusión de ligantes sobre la estabilidad en el agua de alimento peletizado para camarón. Utilizando un dado de 2 x 20 mm (compresión 10).

En la figura 7 se presentan los resultados obtenidos al utilizar diferentes temperaturas y tiempos de acondicionamiento, así como la presencia o ausencia de ligantes, sobre la estabilidad en agua del alimento para camarón utilizando un dado de 2X40 mm (relación de compresión 20) para su fabricación. La diferencia es de llamar la atención. El efecto del ligante ya no fue tan dramático como lo fue la gelatinización de almidones en los peletizados. Largos tiempos y altas temperaturas de acondicionamiento no tuvieron un efecto negativo como sucedió anteriormente. Una condición óptima parece alcanzarse a una temperatura de 80°C con un periodo largo de acondicionamiento.

De los resultados presentados en las figuras 5 a 7, podemos hacer las proposiciones siguientes:

- El tamaño de partícula de almidón no debe ser demasiado fina. Se ha encontrado que un óptimo es el que se logra al utilizar un molino de martillos con malla fina.
- El espesor del dado, entre todos los factores estudiados, es el factor que tiene mayor influencia sobre la estabilidad del alimento para camarón. Para la producción de alimento para camarón deberán utilizarse dados de peletización con una relación de compresión de 25 ( y mayores). El espesor del dado, y el tiempo y temperatura de acondicionamiento están ligados entre si. Se ha encontrado una relación entre la lubricación debida a un exceso de humedad, y la hidratación del almidón. Un dado delgado no puede compactar de manera efectiva la masa que ha sido acondicionada por un periodo largo, y consecuentemente la gelatinización de almidones no se lleva a cabo. Un dado delgado trabaja mejor cuando la masa de alimento ha sido adecuadamente acondicionada, esto debido a que el almidón se cocerá mejor cuando exista más humedad, y la máquina a través de la cual pasará no se verá seriamente afectada por una relación de compresión alta.

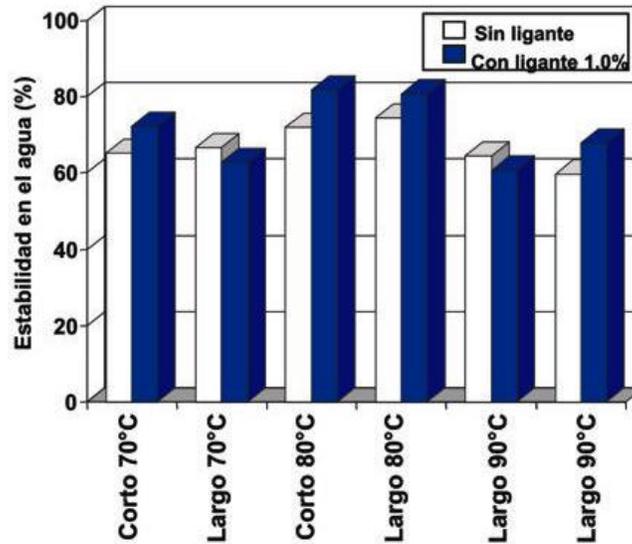


Figura 7: Efecto del acondicionamiento (tiempo y temperatura) e inclusión de ligantes sobre la estabilidad en el agua del alimento para camarón peletizado. Usando un dado de 2 x 40 mm (compresión 20).

### Uso de ligantes

El uso de ligantes se ha discutido previamente (Hertrampf, 1992), y cada fabricante de alimento ha adquirido su propia experiencia en la materia. Los ligantes más populares en la actualidad son las resinas de urea-formaldehído (UF). En el mercado de América Latina y Asia existen varios productos y marcas comerciales. Estas resinas contienen bajos niveles de formaldehído (inferior a 1%) el cual presenta bajos niveles de toxicidad para humanos. Estas resinas se desarrollaron originalmente en la industria de la madera. Bajo ciertas condiciones de presión, calor y humedad además de un tiempo de reacción suficiente, la resina reacciona con sus misma cadenas y con el material adyacente para formar una matriz muy estable. Cada planta de alimentos ha experimentado que los alimentos producidos con este tipo de resinas muestran una estabilidad mejor después de semanas o meses de haber sido elaborados, que la que presentan inmediatamente después de su elaboración. La razón de esto es que el ligante sigue reaccionando después del proceso de producción.

Un ligante UF realmente reaccionará con diferentes componentes del alimento, entre otros, aldehídos y radicales amino. Estos radicales son la unidades químicas de las resinas, compuestas por urea (conteniendo 2 grupos amino) y formaldehído (aldehído). Los ingredientes contienen gran cantidad de radicales aldehído (azúcar, almidón, carbohidratos complejos) y de proteína, por lo que también están presentes radicales amino (lisina contiene un grupo amino libre). Aún no se conoce claramente el efecto que estos ligantes UF pudieran tener sobre la disponibilidad de nutrientes, como lisina o vitaminas, por lo que resulta necesario llevar a cabo más trabajos para asegurar que el uso de este tipo de ligantes no reduzca significativamente la disponibilidad de estos caros e indispensables componentes de los alimentos.

Los ligantes naturales no presentan estas desventajas. Entre los ligantes naturales las proteínas con propiedades ligantes aparecen como la solución más práctica. El gluten de trigo es bien conocido en la industria debido al positivo efecto que ejerce sobre la estabilidad, así como por sus excelentes propiedades nutricias. La gelatina es otra buena opción la cual es barata y altamente digerible. Sin embargo, la eficiencia de estos dos ligantes es disminuida por las limitaciones del proceso de peletización (baja humedad, corto tiempo de proceso). Se recomienda ampliamente a los productores de alimentos que consideren el uso de ligantes en solución inyectados directamente en el pre-acondicionador. La gelatina es un excelente candidato para utilizar con esta nueva técnica: se disuelve a 60°C, es insoluble a temperatura ambiente, no es cara y proporciona una excelente estabilidad en agua. Esta técnica requiere ligeras modificaciones a la línea de peletización, como lo son la adición de un tanque con gelatina disuelta y una bomba como la utilizada para bombear melazas, conectada al pre-acondicionador. Un bombeo de 4-5% de solución de gelatina (25% de concentración) pudiera dar muy buenos resultados.

### **Comparación de costos entre diferentes tecnologías**

La producción de alimentos para acuicultura es cara, mucho más cara que la producción del alimento tradicional. Es importante saber lo que cuesta y donde incurren los costos. La tabla 1 muestra una comparación entre tres diferentes tecnologías: la extrusión, el peletizado normal y el peletizado de camarón. Los valores mostrados incluyen los costos de depreciación, mantenimiento y consumo de energía (vapor y electricidad). Los costos que se muestran incluyen sólo los gastos relacionados al extrusor/peletizador, secador y enfriador. Estos costos no incluyen la depreciación de la línea de producción, la mano de obra, etc. Los datos se basan en la compra de equipo nuevo de primera calidad, con una capacidad de 3 toneladas por hora, una operación de 8 horas por día y 300 días por año, con un plan de depreciación para la inversión de 10 años, un costo de energía de 0.045 dólares americanos (USD)/KW hora y 8.82 USD por tonelada de vapor. El post-acondicionador, el secador y el enfriador de la línea de producción son máquinas de tipo contra-corriente. El secador y el enfriador del extrusor son máquinas tipo bandas.

Varias observaciones pueden hacerse de la Tabla 1:

- «El peletizado para camarón» cuesta casi 3 veces la cantidad requerida para el peletizado normal. Esto se debe principalmente al costo de energía involucrado en el post-acondicionamiento y en el secado. Estos costos no están incluyendo el costo de un micro-pulverizador. Si esta técnica de molido se tomara en cuenta, los costos para el peletizado se acercarían al costo de extrusión.
- La extrusión es 7 veces más cara que el peletizado normal. Esto es principalmente debido a la energía involucrada en el secado y en la extrusión.
- El costo de una técnica no se debe tanto al costo de la inversión si no a los costos de energía involucrados en la producción, incluso para las máquinas caras como las máquinas tomadas en cuenta por ese ejercicio. Podría ser por consiguiente más recomendable comprar equipo de calidad que proporciona seguridad y calidad constante.

Tabla 1: Comparación de los costos de diferentes tecnologías usadas en la producción de alimentos para acuicultura.

|                   |                           | Extrusión |              | Peletizado (tradicional) |             | Peletizado (Camarón) |              |
|-------------------|---------------------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------|----------------------|--------------|
|                   |                           | USD       | USD/ton      | USD                      | USD/ton     | USD                  | USD/ton      |
| Extrusor/         | Depreciación              | 222000    | 3.08         | 110500                   | 1.53        | 110500               | 1.53         |
| Peletizador       | Vapor                     |           | 4.44         |                          | 0.45        |                      | 0.45         |
|                   | Electricidad              |           | 10.56        |                          | 0.33        |                      | 0.33         |
|                   | Mantenimiento             |           | 1.57         |                          | 0.80        |                      | 0.80         |
| Post-             | Depreciación              |           |              |                          |             | 51500                | 0.72         |
| Acondicionamiento | vapor                     |           |              |                          |             |                      | 1.86         |
|                   | Electricidad              |           |              |                          |             |                      | 0.08         |
|                   | Mantenimiento             |           |              |                          |             |                      |              |
| Secador           | Depreciación              | 215000    | 2.99         |                          |             | 35500                | 0.49         |
|                   | Vapor                     |           | 22.41        |                          |             |                      | 8.97         |
|                   | Electricidad              |           | 0.93         |                          |             |                      | 1.29         |
|                   | Mantenimiento             |           |              |                          |             |                      |              |
| Enfriador         | Depreciación              | 76000     | 1.06         | 17500                    | 0.24        | 17500                | 0.24         |
|                   | Vapor                     |           |              |                          |             |                      |              |
|                   | Electricidad              |           | 2.73         |                          | 3.84        |                      | 3.84         |
|                   | Mantenimiento             |           |              |                          |             |                      |              |
|                   | <b>Energía Total</b>      |           | <b>41.07</b> |                          | <b>4.62</b> |                      | <b>16.82</b> |
|                   | <b>Depreciación Total</b> |           | <b>7.13</b>  |                          | <b>1.78</b> |                      | <b>2.99</b>  |
|                   | <b>TOTAL</b>              |           | <b>49.77</b> |                          | <b>7.19</b> |                      | <b>20.60</b> |

Debido a que el costo del alimento es una consideración seria sobre todo cuando éste se vende a 500 o 600 USD/tonelada, se debe de evitar el uso de técnicas nuevas y más caras para la producción de alimento para camarón. El adicionar la opción de nuevas operaciones unitarias a la línea de producción incrementará el costo de producción de alimento peletizado para camarón por lo que hace a la extrusión la tecnología más adecuada. Sin embargo, la producción barata, o menos cara, de alimento para camarón es posible. Sin embargo es posible producir alimento más barato. Siempre que sea posible deben evitarse pasos caros, como secar o post-acondicionar.

Existen soluciones ingeniosas, como es el uso de ligantes (ver arriba) o algunas técnicas nuevas (ver abajo), que hacen posible que el productor de alimento fabrique mejores alimentos sin un incremento significativo en los costos de producción. Algunos fabricantes de alimento están utilizando el calor generado en el proceso de peletización como fuente de calor para el post-acondicionamiento.

### Recientes desarrollos en nuevas tecnologías

Varias tecnologías han sido desarrolladas recientemente y pueden ser de interés para la industria acuícola.

- Acondicionamiento: Si bien desde hace tiempo es conocido que un buen acondicionado de los ingredientes resulta esencial para la producción de alimento acuícola, la industria de alimento para animales terrestres ha logrado un ahorro en los costos de energía o el

incremento en la capacidad que un buen acondicionamiento puede proveer. Ahora existen varios acondicionadores excelentes en el mercado (Best y Gill, 2998). Estos acondicionadores poseen una buena ingeniería y permiten altos tiempos de retención. La figura 8 muestra como un acondicionador puede ser llenado con los ingredientes. Esta máquina (Figura 9) esta equipada con paletas automáticas controladas por un cilindro hidráulico, con su ajuste basado en la carga de poder de energía en el motor del acondicionador. Esto asegura un relleno óptimo del acondicionador en cualquier momento.



Figura 8. Muestra como tal acondicionador puede llenarse de ingredientes del alimento.

- Dado peletizador: Como se mostró anteriormente en la sección de Datos Experimentales, el grosor del dado es uno de los factores más importantes que deben considerar todos los productores de alimento. Un dado más grueso producirá más cizalla y calor al alimento peletizado, asegurando una mejor gelatinización y un mejor cocimiento. Además el alimento peletizado saldrá más caliente del dado y más fácil y rápidamente reducirá su porcentaje de humedad –reduciendo la necesidad de secado. La fabricación de dados con una alta relación de compresión (e.g. 2.2 mm diámetro x 55 m longitud) requiere de técnicas especiales que son un tanto diferentes a las utilizadas en la fabricación de dados tradicionales. El dado debe taladrarse bajo velocidad constante (14000 rpm) para evitar la formación de agujeros con superficie interna irregular a través de la cual la masa no fluiría apropiadamente (Figura 10). También se requieren técnicas de endurecimiento especiales, para asegurar la larga vida del dado pero también para proporcionar la flexibilidad requerida para evitar rupturas. El número de agujeros también puede aumentarse (de 15000 a 19000 por ejemplo), para incrementar el tiempo de la retención de la masa en el dado o aumentar la capacidad de la máquina. Los fabricantes de dados especializados ahora están ofreciendo varios tipos de dados, los cuales puede tener una relación de compresión requerida ( 25 o mayor) a cualquier diámetro (2.2 mm o menor).



Figura 9. Acondicionador provisto con ruedas controladas por un cilindro hidráulico, con su ajuste basado en la carga de poder de energía en el motor del acondicionador.



Figura 10. Dado del peletizador

- Rodillo peletizador motorizado: Como se presentó anteriormente, una de las limitaciones más importantes en el proceso de peletización es la poca cantidad de agua que puede ser adicionada a la harina antes de ser peletizada. En general, alrededor de 5 o 7% del agua esta siendo adicionada en forma de agua (en la mezcladora o en el acondicionador) o en forma de vapor directo en el acondicionador. Esta cantidad de agua es muy poca para causar la gelatinización de la fracción de almidón en el alimento. Cuando los ingredientes entran a la peletizadora con una humedad superior al 16% (esta puede variar de máquina a máquina) la peletizadora se puede “obstruir”. Esto quiere decir que la máquina no será capaz de empujar la masa de ingredientes a través del dado, con lo que la masa se acumulará dentro del anillo del dado y después de un corto periodo de tiempo, el peletizador dejará de operar. Una razón de que esto pueda ocurrir es el hecho de que los rodillos del peletizador sean pasivos. Solo el dado es motorizado y los rodillos son manejados por la fricción de la masa y la rotación del dado. Cuando la masa está demasiado húmeda se hace muy resbaladiza, y los rodillos no pueden girar y como consecuencia no podrán empujar la masa a través del dado. Esto puede ser mejorado con el uso de rodillos motorizados. La figura 11 muestra un foto de un peletizador provisto de rodillos motorizados. Estos rodillos permiten empujar más eficientemente la masa de ingredientes con altos niveles de humedad. Con esta técnica el nivel de humedad de la masa se puede aumentar fácilmente en un 2 %. El hecho de tener una humedad mayor antes del peletizado permitirá una mejor gelatinización del almidón, y por consiguiente una mejor estabilidad en agua del alimento. Por otra parte, un pelet con un contenido mayor de humedad permitirá un mayor cocimiento durante el proceso de post-acondicionamiento.

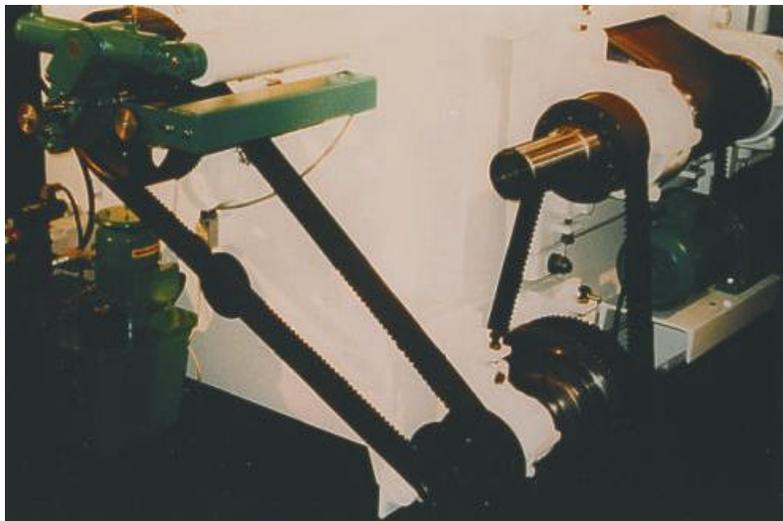


Figura 11. Muestra un molino del peletizado teniendo rollos motorizados

## Conclusiones

Se debe tener un mejor entendimiento de lo que esta pasando durante el proceso de elaboración de alimento para camarón. ¿Qué transformaciones están ocurriendo en los ingredientes durante el proceso de manufactura? ¿Cómo se pueden optimizar los procesos de manera tal que se favorezca la gelatinización de almidones y la estabilidad en agua?

El análisis de costos de producción ha mostrado que la maquinaria satélite esta haciendo a la peletización una tecnología cara. El costo del alimento peletizado para camarón deja de ser barato cuando se involucra el uso de micropulverizadores, post-acondicionadores y secadores. Estos costos se van haciendo más cercanos al costo de extrusión, el cual resulta ser una tecnología excelente para casi todo tipo de alimento balanceado. Se debe de poner más atención a soluciones que no involucren el consumo de grandes cantidades de energía como lo es el vapor o la energía eléctrica. Una solución parcial es el uso de dados con altas relaciones de compresión (mayor a 25) junto con un acondicionamiento adecuado.

También debe de documentarse mas profundamente sobre el uso de ligantes, especialmente el efecto de ligantes UF sobre la biodisponibilidad de nutrientes. Existen ligantes naturales que ayudados por la creatividad e ingenio deben de ser utilizados cada vez que sea posible.

## Referencias:

- Best P. and Gill C.** (1998). Super conditioning and downstream options. *Feed International Magazine*, August 1998, p 6-8.
- De Kinne M.** (1995). Invloed van binders en technologische parameters op de waterstabiliteit van geperste garnaalvoeders. Thesis van Industriële hogeschool C.T.L. Gent, Belgium. 128 pp.
- Devresse B.** (1997). Poor water stability in shrimp pellets: focus on what makes a difference. *Feed Milling International magazine*. Sept 97, p 9-21.
- Hertrampf J.W.** (1992). On the water durability of aquaculture feed pellets. A review. In *Advances in Feed Technology*, N°7, p 18-38. Verlag Moritz Schäfer, Germany.
- Obaldo L.G., Dominy W.G., Terpstra J., Cody J., Behnke K.C.** (1998). Does size matter?. *International Aqua Feed*, January/February 1998, p 29-32.
- Tan R.K.H. and Dominy W.G.** (1997). Commercial pelleting of crustacean feeds. p 520-549. In *Crustacean Nutrition*. D'Abramo, Conklin & Akiyama Eds. World Aquaculture Society Volume 6. 587 pp.