

Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie

Programa Maricultura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Cd. Universitaria F-56, San Nicolás de los Garza, Nuevo León 66450, México. E-mail: lucruz@fcb.uanl.mx

Resumen

El control de **calidad del alimento** es muy importante para asegurar un buen consumo, una baja tasa de conversión alimenticia, camarones sanos y un incremento en los rendimientos de producción en la granja.

Los controles de calidad físicos generalmente se realizan en el **alimento seco**, sin embargo la aplicación de controles de calidad **en el alimento después de su inmersión en agua**, es decir en alimento al momento de ser consumido, permite prever aspectos importantes sobre la respuesta alimentaria del camarón como: atractabilidad, palatabilidad, consumo, digestibilidad, eficiencia nutricional, proteína retenida, calidad de heces, entre otros.

En este trabajo se revisan algunas características físicas en los alimentos para camarón como: a) homogeneidad y el tamaño de partícula de los ingredientes usados en la elaboración del alimento, integridad del alimento (valoración visual al microscopio estereoscopio del alimento seco y húmedo), b) la liberación o pérdida de nutrientes antes del consumo (lixiviación), c) la capacidad de retención de agua, y d) la textura de los alimentos secos y húmedos; su importancia, sus interacciones y la forma de evaluarlas. Finalmente, se presentan valores de estos parámetros físicos medidos en alimentos comerciales para camarón colectados en diferentes granjas en México que permiten tener una idea del abanico de calidad de alimentos disponibles en México.

Introducción

Los alimentos balanceados para animales deben proveer los nutrientes necesarios para funciones de crecimiento, reparación, respuesta inmune y mantenimiento. La producción de alimentos balanceados incluye el uso de diferentes materias primas en base a especificaciones nutricionales, higiénicas y de calidad física. Todas estas especificaciones exigen el conocimiento de diferentes propiedades de los ingredientes para optimizar el proceso con el fin de obtener una determinada forma de alimento, manteniendo su valor nutricional. De ahí que la acción concertada de la ciencia nutricional y la ciencia en tecnología de alimentos, sea esencial para el progreso de la producción animal.

El control de **calidad del alimento** es muy importante para asegurar un buen consumo, una baja tasa de conversión alimenticia, animales sanos y un incremento en los rendimientos de producción. Los aspectos a examinar en los alimentos, se pueden dividir en físicos, químicos y biológicos. Las diferentes especies animales requieren propiedades físicas diferentes en sus respectivos alimentos lo que implica el uso de diferentes tecnologías de procesamiento y diferentes estándares de calidad.

El objetivo original de la peletización o granulación en alimentación animal terrestre fue adaptar la presentación física del alimento a los nuevos sistemas de distribución, evitando los problemas de fluidez y manejo asociados a la utilización de las harinas (Pichon, 1988). Cuando se demostró que el proceso de peletizado mejoraba la utilización de los nutrientes en pollos y cerdos en comparación con alimentos en forma de harinas, la popularidad del proceso de peletizado creció considerablemente, siendo actualmente el proceso más usado en alimentación animal. En el caso específico de los alimentos para camarón no es concebible la utilización de alimentos en harina y la totalidad del alimento producido para esta especie en el mundo se presenta en forma de pelets, producidos por peletización (más del 80% de los casos) o por extrusión.

Los beneficios físicos y nutricionales que el alimento peletizado proporciona en animales terrestres han sido enlistados por diversos investigadores (Behnke, 1994; Thomas et al., 1996; Mateos y Grobas, 1993, entre otros): **Ventajas físicas:** aumenta la facilidad de manejo, mayor fluidez y reduce la segregación, reduce el desperdicio, incrementa la densidad de masa. **Ventajas Nutricionales:** como regla general se mejora la utilización de los nutrientes: disminuye el desperdicio del alimento, reduce la alimentación selectiva, disminuye la segregación de ingredientes, influye positivamente sobre consumos, pérdidas y gastos energéticos, menos tiempo y energía gastada en la aprehensión o captura del alimento, destrucción de organismos patógenos, modificación térmica de almidón y proteínas, mejora de palatabilidad.

Las características de calidad físicas más estudiadas, estandarizadas y controladas en alimentos peletizados para animales terrestres son la **durabilidad** (peso (%) de pelets o migajas recuperados después de haber sido sujetos a una agitación mecánica o neumática que simula el transporte y manejo del alimento) y la **dureza** del pelet (fuerza necesaria para romper el pelet o una serie de pelets al mismo tiempo) porque: primero, el transporte y el manejo en la planta de alimentos y en la granja requiere pelets de una cierta integridad que evite que se produzcan finos

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

por fuerzas de atrición; segundo, existen numerosos estudios, especialmente en cerdos y en pollos, donde se demuestra la superioridad nutricional de alimentos en forma de pelets contra, alimentos ya sea en forma de harina o en forma de pelets remolidos o incluso de alimentos en forma de pelets pero con alto contenido de finos; y tercero, porque la dureza del pelet puede tener un papel importante en la preferencia de los animales (Skoch et al., 1983) e incluso la disponibilidad de compuestos nitrogenados para absorción intestinal. Puede existir una relación entre la dureza y la durabilidad (Wood, 1987), sin embargo esta relación solo es valida para cada alimento de composición determinada.

Behnke (1994), y Thomas *et al.* (1996) establecen que los factores que afectan la calidad física de los pelets para animales terrestres son: los ingredientes que componen el alimento, el proceso tecnológico y los aglutinantes (Tabla 1).

Tabla 1. Factores que afectan la calidad física de los pelets en alimentos para animales terrestres (Según Thomas *et al.*, 1996)

1)Ingredientes	2) Proceso tecnológico	3) Aglutinantes
Físicos: Tamaño partícula Densidad especifica Densidad de masa Angulo de reposo Área de superficie	Molienda Acondicionamiento temperatura tiempo humedad vapor agua	Adhesión y cohesión entre partículas
Químicos: Humedad Extracto etéreo Fibra cruda Proteína cruda Ceniza	Especificación del dado Enfriador /secador velocidad de aire tiempo nivel de humedad del aire grosor del pelet	
Funcionales: Viscosidad Solubilidad de proteína Gelatinización de almidón		

Existen varios equipos para evaluar la durabilidad (Pfof, Sieve, Colmen) y la dureza (Kahl, Schleuniger, Pendulum, Instron, Kramer shear press); Behnke (1994) y Thomas *et al.* (1996) presentan una revisión sobre estos equipos y su forma de operación. En el caso de la durabilidad, se tiene muy bien definido un índice de durabilidad nombrado PDI por sus siglas en ingles (Pelet durability index, ASAE s269.3). Cabe señalar que en algunas publicaciones se reporta el PDI como el porcentaje de finos creados durante la prueba de abrasión de los pelets, en lugar de porcentaje de pelets recuperados, pero esta ultima definición es mas congruente con el termino de durabilidad, ya que de esta manera un alto PDI califica a un alimento durable de alta calidad.

En el caso de los alimentos para organismos acuáticos también se necesita tener una evaluación básica de calidad física en términos de dureza y durabilidad, para predecir como los pelets secos soportarán los rigores del manejo y de la transportación. Sin embargo, en especial para camarón,

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII .VIII Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

otras características físicas de los pelets húmedos como: integridad, estabilidad en el agua, solubilidad en agua, flotabilidad, absorción de agua y textura deben ser consideradas. Los camarones son comedores lentos, selectivos e intermitentes, esto significa que los alimentos para camarón deben ser a prueba de disgregación y de lixiviado de nutrientes una vez que estos han sido expuestos al agua, antes y durante el tiempo de ingestión, además estos alimentos no deben flotar (Meyers y Zein-Eldin, 1972; Meyers *et al.*, 1972; Farmanfarmanian *et al.*, 1982; Lim y Cuzon, 1994; Dominy *et al.*, 2003).

La evaluación de la aceptabilidad de los alimentos y del comportamiento de los camarones (preferencia, atractabilidad, palatabilidad, consumo, digestibilidad, eficiencia nutricional, proteína retenida, cantidad y calidad de heces etc.) frente a alimentos con características físicas (estabilidad, capacidad de absorción de agua, textura, densidad) modificadas con diferentes ingredientes, procesos y aglutinantes, y la estandarización de metodologías para evaluar estos aspectos, son claves para el desarrollo de alimentos que aseguren el óptimo consumo y la mejor eficiencia alimenticia.

Si se asume que la calidad física de los pelets afecta el rendimiento de los animales, es evidente que se requiere de pruebas estandarizadas, exactas, precisas y objetivas para evaluar esos efectos. Sin embargo, no existen muchos estudios realizados en camarón donde se evaluó el efecto de las propiedades físicas de los alimentos suministrados.

En el presente trabajo se revisaran algunas características físicas de los alimentos para camarón que han sido evaluadas en el Programa Maricultura, su importancia, la forma de evaluarlas y sus interacciones. Finalmente, se presentan valores de estos parámetros físicos medidos en alimentos comerciales para camarón colectados en diferentes granjas en México que permiten tener una idea del abanico de calidad física de alimentos disponibles en México.

1. Características físicas de apariencia

El aspecto visual del alimento peletizado es un indicativo útil de su calidad global. El consumidor a menudo juzga el alimento por su aspecto visual. Este aspecto es una combinación de atributos entre los que se incluyen el **color**, **agrietamiento**, **la forma**, **la longitud**, y **finos**. La valoración visual del alimento una vez que se ha sumergido en el agua permite obtener información adicional que esta mas relacionada con las preferencias alimenticias y los resultados de rendimiento en el camarón.

1.1 Color

El camarón come por quimioatracción, por lo que el color del alimento es irrelevante para el animal; sin embargo, desde el punto de vista de la manufactura del alimento, el color es un indicativo de la composición de ingredientes y la calidad del proceso. Comúnmente el color de los alimentos para camarón es café oscuro debido a la coloración predominante en los ingredientes empleados y al tipo de proceso empleado para su elaboración. Normalmente la coloración debe ser uniforme; las variaciones en color indican una molienda y un mezclado

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

inadecuado de los ingredientes, variación en el cocimiento del alimento en la peletizadora, una mala distribución del agua al momento de peletizar o del aceite en el alimento terminado. Un sobrecocimiento puede destruir muchos nutrientes, por ejemplo: vitaminas, aminoácidos y volver al alimento indisponible. Un subcocimiento puede resultar en una baja estabilidad del alimento en el agua.

1.2 Tamaño de partícula en el ingrediente

Los alimentos para camarón no deben contener partículas grandes de ingredientes. La gran mayoría de los ingredientes empleados para la formulación de alimentos balanceados para camarón son molidos a un tamaño de malla de por lo menos 500 μM (malla 35). La necesidad de moler los ingredientes a un tamaño de partícula pequeño es porque 1) mejora la capacidad física y aglutinante durante el proceso de elaboración de los pelets y 2) el camarón puede segregar las partículas grandes de alimento, por lo que el alimento pasara de un alimento nutricionalmente balanceado a uno desbalanceado. Por otro lado, un tamaño de partículas desigual en el alimento, es también un indicador de un mala molienda (Cruz-Suárez, 1999).

El grado de molienda de los ingredientes afecta: 1) la uniformidad del mezclado, 2) la capacidad de compactación en la peletización (hidroestabilidad del alimento), 3) la eficiencia del pre-acondicionamiento (grado de gelatinización) y 4) los rendimientos (digestibilidad, tasa de conversión, tasa de crecimiento).

La importancia del efecto del tamaño de partícula sobre el rendimiento de los camarones ha sido demostrado en *P. monodon* (Obaldo et al., 1998) (Tabla 2) y en *P. indicus* (Palamiswany y Ali, 1991); los ingredientes fueron molidos a diferentes tamaños de partícula (entre 69 y 603 μ , y de 50, 210, 250, 300, 420 y 500 μ , respectivamente) y se observó mejor crecimiento, TCA, y digestibilidad cuando se empleo un tamaño de partícula de 124 y 210 μ (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados obtenidos en Oceanic Institute, sobre el efecto del tamaño de partícula sobre crecimiento, TCA y estabilidad de los alimentos en el agua (Obaldo *et al.*, 1998)

Tamaño de partícula (μ)	Crecimiento semanal (g)	TCA	Estabilidad del alimento (%)
69	0.67	2.01	87.5
124	0.75	1.91	89.05
272	0.72	1.94	86.26
408	0.72	1.96	85.68
521	0.7	1.96	85.97
586	0.71	1.91	83.78
603	0.69	2	83.51

En peces se ha reportado que el tamaño de partícula puede o no afectar el rendimiento de estos organismos. Zhu *et al.* (2001) concluyen que el tamaño de partícula no tuvo efecto sobre la digestibilidad aparente de la materia seca, fósforo, y proteína cruda en alimentos para trucha

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

elaborados a través de un proceso de extrusión en frío; pero si afecto de manera significativa la tasa de conversión alimenticia en alimentos que contenían diferentes tamaños de partículas y elaborados a través de un proceso de extrusión en caliente. Sveier y colaboradores (1999) observaron que el tiempo de evacuación gástrica fue influenciado por el tamaño de partícula de la harina de pescado adicionada en alimentos para salmón del atlántico. Un tamaño de partícula grande redujo el tiempo de evacuación, el consumo de alimento comparado con una harina de pescado finamente molida. La digestibilidad de los lípidos fue significativamente afectada por el tamaño de partícula. Rolfe *et al.* (2000) encuentran que un tamaño de partícula de 700 μm en lugar de 1200 μm permite mejorar la durabilidad del pelet y estabilidad en agua de un alimento extruido para bagre, constituido principalmente de maíz y pasta de soya, plus harina de menhaden y afrecho de trigo, gracias a un mayor grado de gelatinización de los almidones de la formula.

Del punto de vista del proceso, el empleo de ingredientes finamente molidos dará como resultado en una mejor producción de alimentos de mejor calidad a un menor costo de producción, además de producir un alimento que será digerido mas eficientemente por los animales y por consecuencia producirá una mejor eficiencia alimenticia (Reuscher, 2006).

El tamaño de partícula puede ser medido haciendo pasar una muestra a través de tamices y colocándolos en un agitador de tamices. Se pesa la cantidad de muestra que es retenida en cada tamaño de tamiz. El promedio de la talla de partícula de la muestra es entonces determinado por formulas estándar y el valor es dado como la media geométrica del diámetro (valores expresados en micrones o μ). La uniformidad de la partícula es descrita por la desviación geométrica estándar. Un valor pequeño de la media geométrica del diámetro representara una alta uniformidad (Waldroup, 2006; Whitney, 2006).

1.3 Fracturas

Un alimento bien procesado carece de fracturas y debe ser de apariencia uniforme en superficie. Las fracturas se generan por defectos durante el proceso de elaboración, tamaño de partícula en los ingredientes inadecuados, enfriamiento rápido de los pelets etc. Estas fracturas pueden permitir que el agua penetre en el pelet y reduzca la estabilidad en agua (Cruz-Suárez, 1999).

La apreciación de fracturas en los pelets puede realizarse a simple vista o mediante el empleo de un microscopio estereoscópico.

1.4 Aglomeración

La aglomeración del alimento, o adhesión de pelets entre ellos, indica un insuficiente secado antes de empacar, o que los alimentos se mojaron. El valor nutricional de un alimento mojado se puede deteriorar rápidamente (Akiyama y Chiang, 1989; Cruz-Suárez, 1999).

La apreciación de adhesión del alimento puede realizarse a simple vista o mediante el empleo de un microscopio estereoscópico.

1.5 Evaluación al microscopio

La microscopia constituye un medio rápido y efectivo para evaluar la calidad de los alimentos y estudiar la microestructura de los mismos proporcionando una información que complementa a la suministrada por los análisis físicos y químicos.

El microscopio se utiliza cada vez más para estudiar la **influencia de los ingredientes y las condiciones de procesado en la estructura** de los alimentos. Al mostrar **la distribución y el estado físico de los ingredientes** y de sus constituyentes, particularmente de los almidones y de la grasa, el microscopio suministra una explicación visual de porque los alimentos con composición química similar, poseen texturas muy diferentes y dan resultados diferentes (Flint, 1996).

Con el apoyo del microscopio se pueden realizar análisis cualitativos y cuantitativos de la presencia de contaminantes o bien de la proporción de compuestos presentes en un ingrediente o alimento (Bates, 2006). Esta es una herramienta que día a día esta siendo mas empleada para la evaluación de calidad de los ingredientes y alimentos, al grado de que se están desarrollando softwares computacionales de análisis de imágenes para el uso de esta herramienta.

La preparación del material para el estéreomicroscopio requiere poco tiempo, además de servir para conocer la naturaleza de la muestra; en esta observación se puede detectar la presencia de componentes minoritarios que podrían pasar desapercibidos al observar el alimento o ingrediente a simple vista.

El estéreomicroscopio es un instrumento ideal para el examen de los defectos de proceso y de control de calidad de materias primas, incluyendo **el tamaño de partícula de los ingredientes (grado de molienda), diferencia de color por la presencia de ingredientes mal dispersados (eficiencia de mezclado), y la presencia de hongos o productos extraños**. Los pelets, secos o húmedos, se pueden partir o cortar para exponer al exterior su estructura interna y elegir aquellas zonas que presenten detalles de interés. La iluminación, el enfoque y los aumentos correctos son esenciales para conseguir la máxima información sobre la estructura, especialmente si se van a tomar fotografías de la muestra.

Evaluación al estereoscopio de color, fracturas, tamaño de partícula de alimentos comerciales para camarón utilizados en México.

A continuación se presentan fotografías de alimentos comerciales para camarón secos y húmedos después de una hora de inmersión en agua, tomadas por investigadores del Programa Maricultura con una cámara digital Nikon D100 adaptada a un microscopio estereoscopico Stemi SV11 marca Zeiss y usando un aumento de 1.5X y 2.5X, en el Laboratorio de Entomología y Artrópodos del Dr. Alejandro González de la FCB, UANL.

En estas fotos se observan los cambios que se manifiestan en el alimento ya sea en presentación de migaja o pelet al sumergirlo en agua, así como la calidad de la molienda a la que fueron sometidos los ingredientes. En las fotos del alimento húmedo se puede observar el grado de

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII .VIII Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

hinchamiento del alimento y se pueden percibir las partículas de granos o ingredientes mal molidos de una manera más evidente. El 31% de las muestras analizadas presentó partículas de alimento mal molidas; sin embargo el tamaño de éstas varía de un alimento a otro (Fotos 5 y 6). Algunos alimentos después de sumergirlos en agua durante una hora presentaron pocas grietas, mientras que otros presentaron un agrietamiento más severo.

También se observa la coloración, aspecto externo y presencia de finos en los alimentos secos. Los alimentos presentan diferente color por la diferencia de ingredientes utilizados en cada uno de los alimentos. En general los alimentos presentaron variaciones en cuanto al aspecto y coloración; todos presentaron finos adheridos en menor o mayor porcentaje lo que les daba un aspecto polvoso, sobre todo las muestras en presentación migaja. Algunos alimentos eran lisos con presencia de finos y otros tenían una apariencia lisa. La mayoría de las muestras presentó una coloración café oscuro. Pocas muestras presentaron una coloración café amarillenta.

Foto 1. Alimento en presentación migaja color café amarillento (Muestra 6)

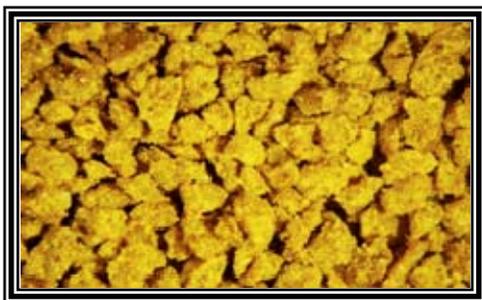


Foto 2. Alimento en presentación pelet color café oscuro (Muestra 15)



Foto 3. Alimento con apariencia grasosa (Muestra 1)

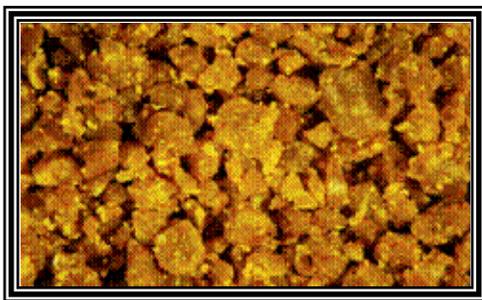


Foto 4. Alimento con apariencia lisa y con finos (Muestra 22)



Fotos 5 y 6. Alimentos presentación migaja después de una hora de inmersión en agua con partículas de ingredientes mal molidos (Muestras 8 y 11).



Fotos 7 y 8. Muestra 19. Muestra seca y húmeda (después de 1 hora de inmersión en agua).



Fotos 9 y 10. Muestra 21. Muestra seca y húmeda (después de 1 hora de inmersión en agua).



Fotos 11 y 12. Muestra 26. Muestra seca y húmeda (después de 1 hora de inmersión en agua).



Fotos 13 y 14. Muestra 30. Muestra seca y húmeda (después de 1 hora de inmersión en agua).



2. Tamaño del alimento y número de pelets/gramo

El tamaño del alimento para camarón, no está relacionado con el tamaño de la boca; sin embargo, el camarón necesita portar el alimento mientras come y a menudo se está desplazando con el alimento. Entonces, el pelet necesita ser lo suficientemente pequeño para poder sostenerlo, acercarlo a la boca y permitir al camarón desplazarse mientras come (Cruz-Suárez, 1999).

En peces se ha reportado un efecto importante del número y tamaño de pelets sobre la sobrevivencia, crecimiento, canibalismo etc., sobre todo en especies de hábitos alimenticios carnívoros (Wankowski, 1979; Tabachek, 1988; Hechth y Peinar, 1993; Ronald-Kennedy *et al.*, 2003).

En camarón son pocos los estudios desarrollados al respecto. Meyer y Zein-Eldin (1972) mencionan que la textura, talla y forma del pelet afectara de manera directa la aceptación o rechazo del alimento; recientemente Obaldo y Masuda (2006) observaron un cambio en el comportamiento (mayor agresividad al momento de ingerir el alimento), sin embargo no observaron diferencias en crecimiento, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia debido a la talla de pelet empleado. El hecho de suministrar una mayor cantidad de pelet por kilogramo da como resultado un menor gasto de energía en la búsqueda de alimento y un crecimiento uniforme en todos los animales ya que se asegura que alimento este disponible para todos los animales (Akiyama y Chwang, 1998) (Tabla 3).

Tabla 3. Tamaño de pelet recomendado para camarón (Akiyama y Chwang, 1999)

Camarones (g)	Tamaño del alimento
0-3	1 mm migaja
3-15	2 mm x 4 mm
15-40	2.5 mm x 5 mm

Por otro lado, la medición de la longitud del pelet es una manera simple de monitorear la calidad del alimento durante el proceso de elaboración y/o destrucción durante su manejo (Winowiski, 2006). Una gran variación en la longitud del pelet indica un mal proceso de corte del mismo durante el proceso de elaboración.

Estudio de la longitud y el número de pelets en diferentes alimentos comerciales para camarón realizados en el Programa Maricultura

Para este estudio el tamaño de los pelet se determino mediante la ayuda de un vernier electrónico, y se midió la longitud promedio de 50 pelets y el diámetro en 25 pelets de cada muestra de alimento peletizado colectado en granjas de camarón en México en el ciclo 2004.



Los resultados muestran un diámetro relativamente homogéneo de 2 a 2.58 mm, pero una longitud muy variable entre 3 y 6.5mm; en las graficas se presentan los valores encontrados.

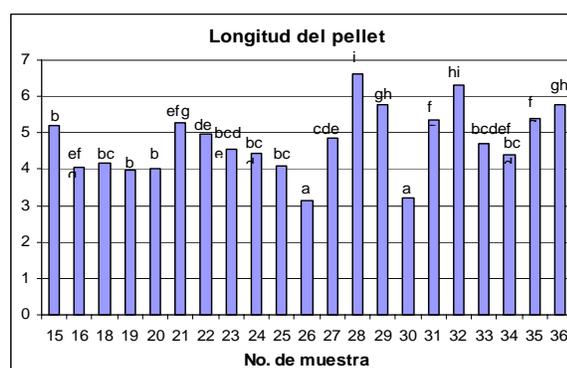
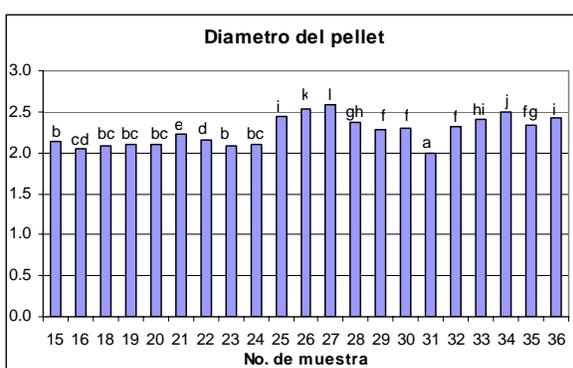


Figura 1. Análisis de diámetro del pellet

Figura 2. Análisis de longitud del pellet

*Las diferentes letras significan diferencias significativas a una probabilidad inferior o igual a 0.05

Para cuantificar el número de pelets por gramo de muestra se pesó exactamente un 1 gramo de muestra de alimento y se contabilizó el número de partículas presentes. El procedimiento se realizó por triplicado para cada muestra. Se encontró un rango de 28 a 58 pelets/gramo, presentándose diferencias significativas entre alimentos ($P < 0.05$).

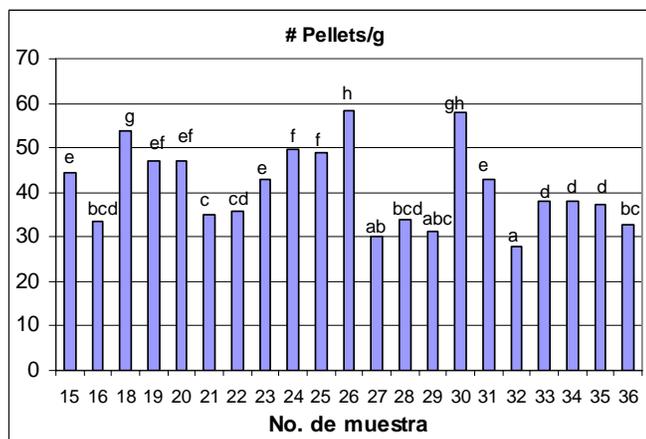


Figura 3. Análisis de # de pelets por gramo

*Las diferentes letras significan diferencias significativas a una probabilidad inferior o igual a 0.05

3. Análisis de densidad del pelet

Los camarones se alimentan en el fondo del agua y de una manera lenta, por lo cual necesitan un alimento hundible y que no se desintegre antes de 2 a 4 horas para que pueda ser consumido. La densidad típica de estos alimentos está entre 400 a 600 gr/L (Kearns, 1989), pero la densidad de los pelets tomados individualmente (densidad por pieza), tiene que ser mayor a 1000 g/L (1 g/c) para que el pelet se hunda en el agua.

La flotabilidad se define como la capacidad de un cuerpo (pellet) para sostenerse en la superficie del agua debido a que la densidad del pellet es menor que la del agua. Existen un sin número de factores que afectan la flotabilidad del pelet tal como la tensión superficial interfase entre el alimento peletizado y el agua, volumen del pelet, temperatura, salinidad, tipo de proceso de elaboración del alimento, tipo de carbohidratos presentes etc. (Muñoz-Latuz, 2004).

Uno de los métodos empleados para analizar la densidad del pelet por pieza (Prueba de Flotabilidad) es el método reportado por Wenger Manufacturing, Inc. (2000), el cual consiste en medir 30 ml de agua en una probeta de 100 ml, registrar su volumen exacto (v_1), pesar 15 g de muestra con una precisión mínima de 0.01 g (registrar peso, ms), depositar la muestra de alimento en la probeta con agua utilizando un embudo, golpear la probeta con la manos aproximadamente 10 veces por segundo hasta eliminar las burbujas formadas y calcular la densidad del pelet empleando la siguiente fórmula: $\rho = Ms / (v_2 - v_1)$. La flotabilidad se calcula como el empuje - peso seco pellet. El empuje se calcula como la cantidad de agua desplazada por el pellet. La densidad de los pellet fue medida a varias muestras de alimento para camarón (migajas, pelet) siguiendo la metodología descrita por Wenger Manufacturing, Inc. (2000).

Estudio de la densidad de pelets en alimentos comerciales para camarón usados en México

Los resultados muestran que las muestras de alimento en presentación migaja o pelet

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

presentaron una densidad por pieza promedio de 1.26g/cc, con valores individuales en el rango de 1.15 a 1.36 g/cc.

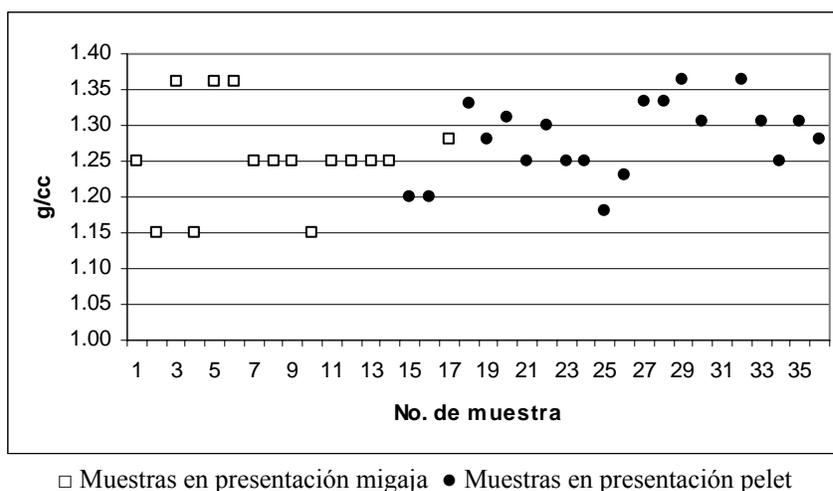


Figura 4. Resultados de análisis de densidad por unidad de pieza

Otro método empleado para analizar la flotabilidad consiste en tomar dos o tres pelets, del mismo tamaño y longitud, en una probeta graduada de 500 cc, se mide el tiempo de permanencia en la superficie y el tiempo en que tarda en caer el pelet desde la superficie al fondo de la probeta. Con esto se calcula la velocidad de hundimiento.

4. Porcentaje de finos

Se define como el porcentaje de partículas menores al tamaño especificado del alimento. La producción de finos se empieza con un mal proceso de elaboración del alimento y continúa a través del proceso de manejo de los alimentos hasta antes de que este sea consumido por los animales (Obaldo, 2002).

En animales terrestres se ha reportado que el uso de alimentos con una gran cantidad de finos repercute negativamente en el buen desempeño de los animales (Harper, 1998). Es evidente que en el caso de organismos acuáticos se obtengan los mismos resultados, además de

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

aumentar la contaminación del medio, ya que este alimento no será ingerido por los animales (Cruz-Suárez, 1999).

La metodología empleada para medir la cantidad de finos presente, consiste en pesar 100 g de alimento sobre tamiz #18, previamente tarado el fondo o pan (tara), se tamiza hasta pasar completamente las partículas inferiores a 1 mm. Se registra el peso del contenedor (pf) y se calcula el porcentaje de finos como:

$$\% \text{ finos} = \text{pf-tara}$$

Estudio del contenido de finos en alimentos comerciales para camarón



El contenido de finos fue de 0.2 a 7.5% en migajas, y menor al 1% en pelets (excepto para tres muestras de pelets con porcentajes de finos entre 1.3 y 1.8%).

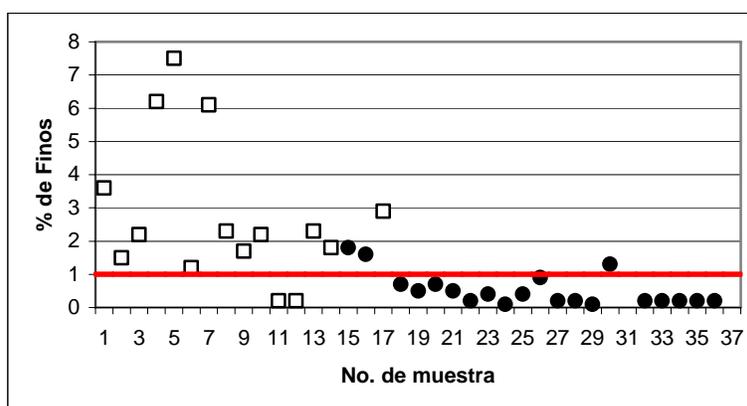


Figura 5. Porcentaje de Fino (% de partículas por debajo de la malla de 500 μ)

5. Estabilidad en el agua (hidroestabilidad)

5.1 Definición

Es una medida cuantitativa de la conservación de la integridad física y química (nutrientes) del alimento en el agua. Se expresa en términos de porcentaje de retención o de pérdida de materia seca o de nutrientes. También suele definirse de manera subjetiva, como el tiempo de durabilidad (integridad) del alimento en el agua.

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

ISBN 970-694-333-5.

Una buena estabilidad de pelet en el agua se define como la retención de la integridad física del pelet con la mínima disgregación y lixiviación en el agua hasta ser consumido por el animal (Obaldo *et al.*, 2002). La mayoría de los alimentos comerciales tiene características aglutinantes que permiten una estabilidad relativa del pelet por 4-6 horas.

5.2 Factores que afectan la estabilidad de los pelets en el agua

- 1) **Ingredientes.** El alimento refleja la calidad y propiedades funcionales de los ingredientes usados en la formulación. El uso de ingredientes que tienen propiedades aglutinantes (harina de trigo, harinas de algas) es importante para mejorar la calidad física del pelet y su estabilidad en el agua (Lim y Cuzon, 1994, Cruz-Suárez *et al.*, 2000).
- 2) **Procesamiento** (molienda, acondicionamiento, diámetro del pelet y enfriado) El grado de molienda y la homogeneidad en el tamaño de partícula de los ingredientes favorece un alto grado de gelatinización de los almidones lo que a su vez produce una mejor estabilidad en el agua (Obaldo *et al.*, 2002). Si las partículas no son uniformes se producirán fracturas que permiten la entrada de agua, reduciendo la estabilidad (Akiyama y Chwang, 1999). Los pelets de menor diámetro tienen mayor compactación y estabilidad en el agua (Hastings, 1971; Hilton *et al.*, 1981; Pascual *et al.*, 1981; Viola *et al.*, 1986; Lim y Cuzon, 1994).
- 3) **Aglutinantes.** Este es el factor que ha sido más estudiado. Trabajos sobre el efecto de diversos aglutinantes (productos almidonosos, alginatos, carrageninas, gomas de plantas, agar, gluten de trigo duro, quitosan, propilen glicol y gelatina; sintéticos como polimetilcarbamida (Basfin) y mezclas de urea-formaldehído/sulfato de calcio, como Maxibond o Pegabind) sobre la estabilidad en el agua de alimentos para camarón han sido publicados (Hasting *et al.*, 1971, cit. Fernández, 1984; Forster 1972; Meyers *et al.*, 1972; Meyers y Zein Eldin, 1972; Balazs *et al.*, 1973; Sick *et al.*, 1972, Sick and Beaty, 1975, cit. Fernández, 1984; New, 1976; Farmanfarmaian *et al.*, 1982; Castille y Lawrence, 1988; Dominy y Lim, 1991; Hashim y Saat, 1992; Cruz-Suárez *et al.*, 2000, 2001a, 2001b, 2002c; Obaldo, 2002; Dominy *et al.*, 2003; Suresh, 2004; Hairgrove *et al.*, 2005). Adicionalmente, se ha demostrado que los aglutinantes pueden afectar la digestibilidad, la capacidad de absorber o retener agua y el valor nutritivo del alimento (Cruz *et al.*, 2001b), así como las características texturales de la dieta y de las heces. A su vez estos cambios en la textura afectan significativamente la aceptabilidad del alimento (Meyers y Zein-Eldin, 1972; Fernández *et al.*, 1984; Stradmeyer *et al.*, 1988; Cruz-Suárez *et al.*, 2000, Andrew *et al.*, 2004). En estudios recientes se ha encontrado que la inclusión de altos niveles de aglutinantes produce pelets mas estables y duros pero también menos atractantes (Hairgrove y Lawrence, 2005). Así mismo, algunos aglutinantes han mostrado efectos adversos sobre el consumo, el crecimiento, y la sobrevivencia de los animales. Son pocos los estudios en camarón en los que se ha determinado el efecto del aglutinante sobre la textura del pelet hidratado y sobre el consumo y aceptabilidad del alimento.

5.3. Importancia

El cultivo de camarón depende de alimentos formulados que puedan ser manufacturados y almacenados a escala industrial. Los alimentos para cada especie y para cada etapa de crecimiento deberían ser optimizados respecto a su contenido de nutrientes, quimioatracción, forma, tamaño, textura, palatabilidad, digestibilidad y estructura física. Esta última característica es particularmente importante en cultivo de crustáceos ya que estos animales se alimentan de manera continua bajo el agua y por ello necesitan de pelets hundibles con alta estabilidad en el agua.

El alimento para camarón necesita mantener su integridad física y química en el agua, durante los procesos de localización y manipulación del alimento por el animal, hasta ser consumido. La estabilidad en el agua de los pelets es de suma importancia, ya que si una gran cantidad de nutrientes se disuelve en los primeros minutos después de la distribución, el beneficio de una buena fórmula se puede perder. Los alimentos que se desintegran rápidamente van a producir un desperdicio de alimento, una pobre tasa de conversión y una contaminación del agua; la inestabilidad y la fragmentación por el animal son los principales responsables de las altas conversiones de alimento (3-7) reportadas en la literatura en los años 70s (Farmanfarmanian y Lauterio, 1979). Pero por otro lado, la liberación y continua dispersión de algunas moléculas del alimento es necesaria para que los camarones detecten el alimento y lo consuman, de tal manera que hay un compromiso entre la lixiviación de sustancias atrayentes y la no lixiviación de nutrientes esenciales necesarios para cubrir los requerimientos nutricionales de los camarones.

El grado de impacto de la lixiviación en el agua depende del tipo de nutrientes perdidos y por otra parte de las estrategias de alimentación usadas (cantidad y frecuencia de alimentación) (Cruz-Suárez *et al.*, 1999). El impacto de la lixiviación de aminoácidos sobre el rendimiento puede ser muy grave si, al momento de consumir el alimento, el contenido de uno o varios aminoácidos esenciales se vuelve limitante. La gran solubilidad de aminoácidos cristalinos, y por lo tanto su elevada lixiviación, es una de las causas por las que los requerimientos de aminoácidos en camarón han sido sobreestimados y no han podido ser definidos con precisión. Sería interesante hacer estudios de lixiviación con camarones vivos considerando la manipulación que los camarones hacen del alimento mientras lo ingieren...

La determinación de la estabilidad en el agua de los alimentos es además importante para hacer correcciones de proceso, formulación y de manejo del alimento en la granja. Tomando en cuenta que los alimentos suministrados en las granjas (alimentación 3 veces al día) son consumidos en su totalidad en un periodo de 3 o 4 horas y que la tasa de lixiviación más alta de los nutrientes se da en los primeros minutos después de entrar en contacto con el agua (Goldblatt *et al.*, 1980 (riboflavina, colina, vitamina C); Romero-Álvarez, 1995 (materia seca, proteína, lípidos, extracto libre de nitrógeno); Obaldo *et al.*, 2002, (materia seca)), nosotros consideramos importante determinar el grado de lixiviación de los alimentos después de una hora de estancia en el agua; lo mismo para alimentos experimentales evaluados en el laboratorio con 2 alimentaciones por día. Con estos valores se pueden aplicar factores de corrección por lixiviación a los resultados zootécnicos derivados de bioensayos nutricionales donde el consumo de alimento o de sus

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

nutrientes necesita ser utilizado (TCA, digestibilidad etc...). Los datos de consumo corregidos por lixiviación de materia seca o de nutrientes han sido reportados en diferentes trabajos del Programa Maricultura desde hace varios años tanto en alimentos experimentales producidos en el laboratorio con un molino de carne como en alimentos peletizados comerciales (Romero-Álvarez, 1995; Cruz-Suárez *et al.*, 2000; Cruz-Suárez *et al.*, 2001c); para ello se aplica una fórmula de corrección usando los datos de porcentaje de pérdida de materia seca o de nutrientes del alimento.

5.4. Forma de evaluación

Las pruebas para determinar la estabilidad en el agua de los alimentos para camarón consisten en sumergir una cantidad conocida de alimento en agua durante un tiempo definido, para después drenar, secar, pesar y calcular el % de materia seca perdido con respecto al peso seco de la muestra original. Los resultados se expresan en porcentaje de retención o en porcentaje de pérdida de materia seca. Algunos métodos, incluyen movimientos de agitación que simulan la circulación del agua en los estanques (Obaldo *et al.*, 2002).

El tiempo transcurrido desde la fabricación de los pelets (tiempo de maduración del pelet), el tiempo de lixiviación, la velocidad y tipo de agitación de los pelets, la luz de la malla y el movimiento del agua, además de la temperatura y salinidad de la misma son factores que deben ser estandarizados en estas pruebas de estabilidad del pelet, para obtener resultados precisos, repetibles y comparables. A este último respecto, Romero-Álvarez (1995) reportó el efecto del tiempo de lixiviación, salinidad y temperatura del agua sobre la lixiviación de nutrientes en alimentos peletizados comerciales, concluyendo que a mayor temperatura es mayor la pérdida de materia seca, mientras que a mayor salinidad hay una menor pérdida de materia seca.

A diferencia de la medición del PDI, que es una técnica estandarizada, las estrategias y los equipos usados por los diferentes investigadores para medir la estabilidad de pelets en agua son muy diversos; algunos métodos se enfocan a analizar en el agua de lixiviación los nutrientes que se disolvieron en el agua, mientras que otros toman en cuenta además el grado de desintegración del pelet y miden, en contraste, la materia seca y los nutrientes retenidos en los restos de pelets recuperados o perdidos a través de una malla. Los métodos Aquacop-IFREMER (Francia), CSIRO marine laboratorios (Australia), Oceanic Institute (Hawaii), Programa Maricultura (México), consideran los 2 aspectos, lixiviación y desintegración, pero usando equipos y mallas diferentes (Aquacop, 1978; Smith y Tabrett, 2004; Obaldo *et al.*, 2002; Cruz-Suárez *et al.*, 2001c)

En la mayoría de estos métodos, una muestra de alimento se pesa en una canasta o un tamiz, y al final del periodo de inmersión, la canasta con la muestra lixiviada es secada hasta peso constante. La pérdida de materia seca (PMS) se puede expresar de la manera siguiente:

$$\% \text{ PMS} = 100 * ((P_i - P_c) * [MS]_A - (P_f - P_c)) / ((P_i - P_c) * [MS]_A),$$

en donde P_c = peso de la canasta seca

P_i = el peso canasta + alimento inicial

$[MS]_A$ = concentración de materia seca en el alimento inicial

P_f = peso de la canasta + alimento lixiviado seco

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

En lugar de la pérdida, se puede calcular la retención de materias seca (RMS):

$$\%RMS = 100 (Pf-Pc) / ((Pi-Pc) * [MS]_A)$$

A parte de ser indicadores de la estabilidad del alimento en el agua, los valores de PMS o RMS permiten estimar la cantidad de materia seca realmente ingerida (MSri) y por ende la tasa de conversión alimenticia, multiplicando la cantidad ingerida (estimación) por la retención de materia seca, de la siguiente manera:

$$MSri = A * [MS]_A * RMS/100, \text{ o } MSri = A * [MS]_A * (1-PMS/100),$$

en donde A es el peso de alimento (base húmeda) supuestamente consumido (es decir peso distribuido menos peso estimado de restos de alimento no consumido).

La expresión de la tasa de conversión alimenticia TCA pasará de $TCA = A/G$, en donde G es la ganancia de peso, a un valor ajustado por lixiviación:

$$TCA \text{ ajustado} = TCA * RMS/100, \text{ o } TCA \text{ ajustada} = A * (1-PMS/100)/G$$

Cabe hacer notar que el porcentaje de retención de materia seca se puede aplicar a la cantidad de alimento ingerido tanto en base seca como en base húmeda.

El analizar el alimento lixiviado seco por algún nutriente en particular permite por ejemplo el cálculo de la pérdida de proteína (%PP) ocurrida en el alimento durante la prueba de lixiviación, con la siguiente expresión matemática (Cruz-Suárez *et al.*, 2001c):

$$\%PP = (100 * [PC]_A - (100-PMS) * [PC]_{AL}) / [PC]_A,$$

en donde $[PC]_A$ y $[PC]_{AL}$ son las concentraciones de proteína cruda (base seca) en el alimento tal cual y en el alimento lixiviado, respectivamente.

Esta expresión permite evaluar la pérdida real de proteína, aunque la concentración de proteína en las dietas lixiviadas sea frecuentemente mayor que en las dietas iniciales, lo que ocurre cuando el resto de la materia seca (*e.g.* carbohidratos) se lixivió con mayor rapidez, llevando a una concentración de la proteína en la materia seca remanente; en esta expresión, el primer término del numerador representa la proteína presente en la muestra inicial de alimento, mientras el segundo término de la diferencia representa la proteína presente en la materia seca remanente al final de la prueba de lixiviación.

Alternativamente se podría expresar la retención de proteína (RP) al final de la prueba de lixiviación, bajo la expresión:

$$\%RP = (100-PMS) * [PC]_{AL} / [PC]_A, \text{ o } \%RP = RMS * [PC]_{AL} / [PC]_A$$

Así mismo, los valores de PP o RP permiten no solo una evaluación real de la cantidad de proteína perdida en el agua en forma disuelta o en los finos que se desprendieron del alimento,

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

pero también una corrección de la cantidad de proteína cruda realmente ingerida (PCri), útil para ajustar valores de eficiencia proteica o de utilización neta de proteína, de la siguiente manera:

$$PCri (g) = A * [PC]_A * (1-PP/100), \text{ o } PCri (g) = A * [PC]_A * RP/100,$$

En el Programa Maricultura, los primeros estudios de lixiviación de pelet se llevaron a cabo aplicando la técnica tal como se desarrolló en el IFREMER (Aquacop, 1978; Hew, 1983; Romero-Alvarez, 1995; Cruz-Suárez *et al.*, 2001c). Las muestras de alimento se pesaban en canastas de malla mosquitera de hierro galvanizado, las cuales eran sumergidas en una bandeja con agua marina, común para 10 a 12 canastas, y sometidas a un movimiento de vaivén vertical relativamente lento (5 rpm, 6 cm amplitud), proporcionado por un eje excéntrico al cual estaban colgadas las canastas. Este método tiene dos inconvenientes principales: imposibilidad de colectar el agua de lixiviación de una muestra individual de alimento, y sobre-estimación de la cantidad de materia seca perdida con respecto a lo que realmente está desperdiciado por el camarón en acuarios experimentales. Esta sobre-estimación apareció evidente en una ocasión en la cual se ofreció por error al camarón un alimento de estabilidad extremadamente baja en razón del reemplazo fortuito de harina de trigo por almidón puro en la fórmula experimental; los camarones consumieron el alimento disgregado en el fondo del acuario y crecieron bastante bien, mientras la prueba de lixiviación en canastas de malla mosquitera indicaba una pérdida de materia seca del orden del 80-90% según las dietas, llevando a tasas de conversión ajustadas increíblemente bajas. Con este caso extremo, se puso en evidencia una sobre estimación de las pérdidas por lixiviación, la cual no era evidente detectar con los valores de PMS del orden de 5-10% comúnmente registrados en dietas experimentales o comerciales; esta sobre-estimación era debida principalmente al tamaño excesivo de luz de malla de las canastas de tela mosquitera, que permitía el escape de finos producidos por la desintegración del pelet bajo el agua, por lo que se consideraban como perdidos mientras en realidad pueden ser consumidos por el camarón.



A raíz de esta experiencia, se cambió a un método inspirado de los usados en el CSIRO o en el OI, en el cual la muestra se pesa en un tamiz con malla mucho más fina (#40), que se fija en la boca de un frasco de 250mL conteniendo 200 mL de agua marina, de tal manera que el pelet sea bañado en el agua emergiendo a través de la malla.

Después de agitar el frasco en un baño-Maria termoregulado (30 rpm, 28°C), el tamiz se pone a escurrir unos minutos y a secar al horno antes de ser pesado de nuevo con la muestra lixiviada seca (Foto 16) (Ricque-Marie *et al.*, 2006).



Foto 15.
Materiales y equipos usados en el Programa Maricultura para determinar estabilidad de los alimentos para camarón en agua

Este cambio de método tiene su paralelo en el cambio de enfoque entre un control de proceso del alimento en planta de producción, y la evaluación de la PMS como un parámetro de la calidad nutricional del alimento. Cuando la prueba de estabilidad se aplica como **control de proceso** en una planta de producción, el manejo de la canasta o del tamiz conteniendo la muestra lixiviada suele ser más práctico o agresivo que cuando el objetivo es **nutricional**: en el primer caso las partículas de alimento que se desintegran durante la estancia en el agua se descartan, exponiendo el tamiz (malla no estandarizada) con el alimento lixiviado, bajo el chorro de agua, de tal manera que solo se considera como estable la cantidad de alimento residual no desintegrado que fue retenido en esa malla; en el segundo caso generalmente no hay lavado y se evalúa el alimento retenido en la malla después de drenar y secar el tamiz, aunque el alimento haya perdido su forma original, es decir en este caso no se elimina el alimento parcialmente desintegrado o deformado que aparentemente aun puede ser consumido.

5.5. Evaluación de la estabilidad en el agua de alimentos comerciales en México, en términos de pérdidas de materia seca, proteína y aminoácidos (Ruiz-díaz *et al.*, 2004)

Para determinar el porcentaje de pérdida de materia seca (PMS) y pérdida de proteína (PP) de alimentos peletizados comerciales de diferentes marcas, colectados en México, se realizaron pruebas de lixiviación (método UANL), con tres replicados, utilizando agua marina sintética 27 y 28° C, con una salinidad entre 30 y 32 g/L. El contenido de proteína (N Kjeldahl x 6.25) de los alimentos se analizó antes y después de lixiviar, calculando la PP en base al contenido de proteína inicial y a la PMS del pelet, como explicado arriba.

Para la determinar el % de lixiviación de aminoácidos a 7 muestras de alimentos, se les determinó contenido de proteína (método Dumas), de humedad y el perfil de aminoácidos en el laboratorio

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

de Degussa Corporation en Alemania (cromatografía líquida de alta resolución) antes y después de ser lixiviados en el Programa Maricultura (una hora de inmersión en agua marina a 28° C). Así mismo, se analizaron camarones *L. vannamei* liofilizados, para utilizar estos valores como un modelo de requerimiento.

Los alimentos comerciales evaluados presentaron rangos de PMS de 3 a 12% y de PP de 5.5 a 20% (Fig. 6 y 7). Los valores de PMS encontrados en presentación migaja (barras oscuras) fueron en promedio menores a los valores en presentación pelet. Los alimentos en presentación migaja presentaron PP menos variables y en promedio la pérdida fue mayor en comparación con los alimentos en presentación pelet (posiblemente por su mayor contenido de proteína). En ambas presentaciones la PMS y la PP presentaron diferencias significativas entre marcas de alimento. La PMS y la PP de los alimentos evaluados no presentaron una buena correlación ($r=0.3$), por lo que deben realizarse las dos determinaciones.

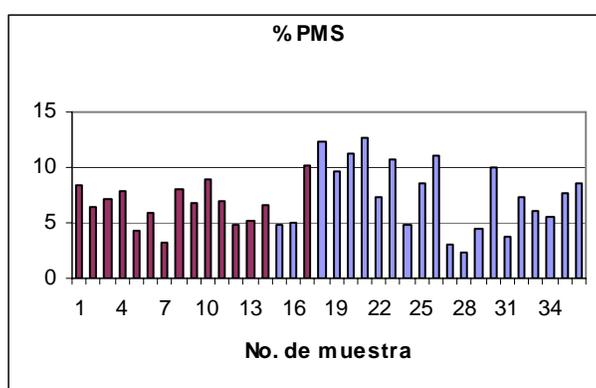


Fig. 6. Pérdida de Materia Seca (PMS) de alimentos comerciales peletizados mexicanos, sometidos a 1 hora de lixiviación en agua marina sintética (27-28C, Salinidad 30-32g/L)
Barras oscuras (color vino) representan las migajas, barras claras los pelets

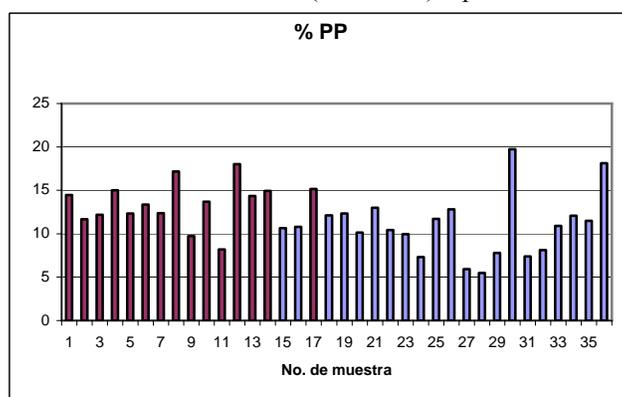


Fig. 7. Pérdida de proteína (PP) de alimentos comerciales peletizados mexicanos, sometidos a 1 hora de lixiviación en agua marina sintética (27-28C, Salinidad 30-32g/L)
Barras oscuras (color vino) representan las migajas, barras claras los pelets

El porcentaje de aminoácidos que se perdió por lixiviación también varió de un alimento comercial a otro (Fig 8). A pesar de que los alimentos no contenían AA puros, los aminoácidos esenciales que presentaron mayor pérdida fueron Lis y Met, con valores promedios de 13.8 and 13% respectivamente, mientras que la pérdida promedio de los otros aminoácidos fue de 8%, considerando que la materia seca se redujó en un 5 a 12% debido a pérdidas en el agua (Tabla 4). Las pérdidas promedio de los otros aminoácidos fueron 7.1%(Thr), 9.8%(Arg), 5.3%(Ile), 5.9%(Leu), 7.0%(Val), 12.3%(His) y 5%(Phe). Una vez lixiviados los alimentos, su contenido de AA en porcentaje de la proteína comparado con el perfil de AA del camarón mostró deficiencias en los siguientes AA esenciales: Ala, Arg, Lis y Met.

Tabla 4. PMS, PP, pérdida de metionina, lisina y pérdida del resto de amino ácidos en seis alimentos comerciales mexicanos después de una hora de inmersión en agua marina

Feed ID. #	% PMS	% PP	% P MET	% P LYS	% P de otros amino ácidos	
					mean	min-max
117-10	12.6	13.2	16.2	16.5	10.3	7.5 - 13.6
117-8	9.6	5.8	6.5	10.2	5.7	1.4 - 7.7
117-1	10.1	9.1	14.9	13.6	7.9	3.7 - 12.8
112-8	8.5	8.2	13.1	12.2	7.4	3.9 - 14.8
112-5	4.8	11.5	15.4	11.9	9.4	2.6 - 17.4
112-3	8.9	12.4	17.0	13.6	7.0	4.1 - 12.8
Promedio	9.1	10.0	13.8	13.0	8.0	

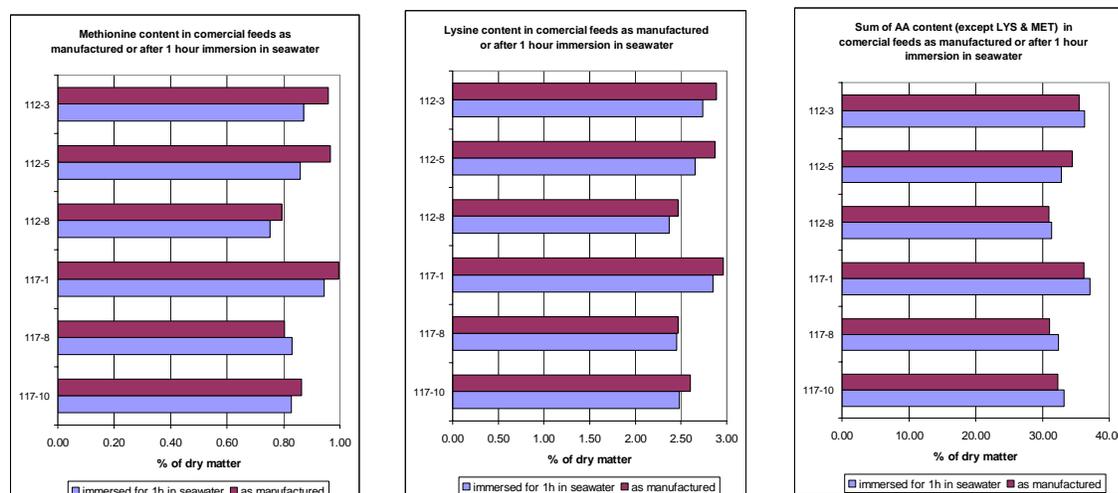


Figura 8. Contenido de aminoácidos de los alimentos peletizados comerciales antes y después de lixiviar (%MS): a) metionina, b) lisina, c) otros aminoácidos excepto lisina y metionina

Después de una hora de inmersión en el agua, todos los alimentos examinados en el estudio presentaron deficiencias para 3 aminoácidos esenciales: Arg, Met y Lis. Para Met y Lis, los niveles dietarios menores a los esperados parecen deberse a una tendencia particular a lixivarse

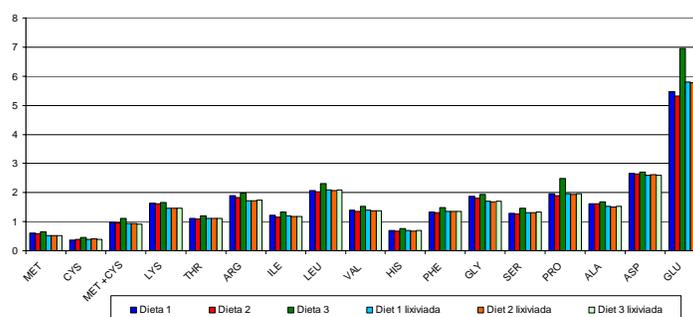
L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

en agua marina, quizás relacionada al uso de suplementos proteicos solubles, mientras que la Arg fue tan estable como los otros aminoácidos.

5.6. Evaluación de lixiviación de aminoácidos sobre los resultados de estudios de digestibilidad de AA de alimentos experimentales y de ingredientes.

Si los coeficientes de digestibilidad se calculan en base a la composición de la dieta tal como fue fabricada y no como fue consumida, los nutrientes perdidos en el agua serán considerados como digeridos, y por lo tanto, los coeficientes de digestibilidad serán sobre-estimados. Ricque-Marie *et al.* (2006) cuantificaron este error de sobreestimación de los coeficientes de digestibilidad de aminoácidos (AA), en presencia de diferentes aglutinantes dietarios (T1: 1% alginato de sodio; T2: 1% alginato de sodio + 6% kelp; T3: 6% gluten de trigo). La composición de amino-ácidos fue analizada por la compañía Degussa en la dietas antes y después de sumergirlas 1 hora en agua marina (Figura 9-1), así como en muestras de heces colectadas durante una prueba de alimentación de camarones *Litopenaeus vannamei* de 4.5-6g, con ocho grupos replicados de 5 camarones para cada tratamiento alimenticio. Los coeficientes de digestibilidad fueron calculados con o sin corrección por las pérdidas preprandiales de AA dietarios en el agua, como descrito por Cruz *et al.* (2001) (Cuadro 1).

Fig.1 Concentration de AA en dietas (%) antes y después de 1 hora de lixiviación en agua marina



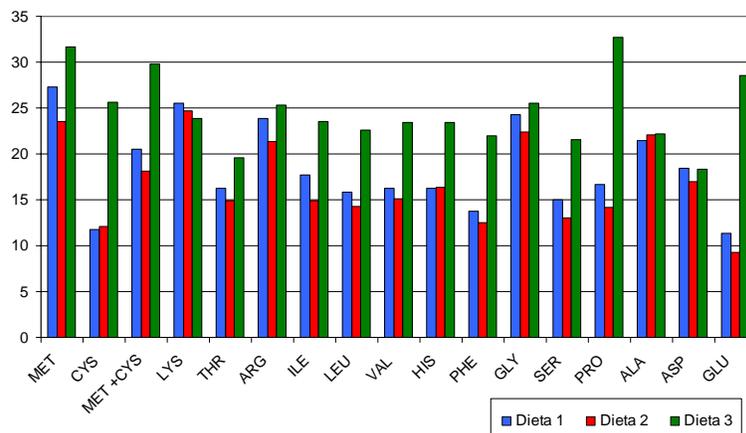
Cuadro 1. Cálculo de los CDAs sin y con corrección por lixiviación

$$\begin{aligned} \% \text{ Dig AA sin corrección} &= 100 * [1 - (\text{AAH}/\text{AAD}) * (\text{CD}/\text{CH})] \\ \% \text{ Dig AA corregida} &= 100 * [1 - (\text{AAH}/\text{AAD}) * (\text{CD}/\text{CH}) * (100/(100 - \text{PAA}))] \\ \% \text{ PAA} &= (100 * \text{AAD} - \text{AADI} * (100 - \text{PMS})) / \text{AAD} \\ \% \text{ PMS} &= 100 * (\text{P1} - \text{P2}) / \text{P1} \end{aligned}$$

AA= Amino Acido
 AAH= % Amino Acido presente en Heces
 AAD=% Amino Acido presente en Dieta
 CD= % Oxido crómico presente en Dieta
 CH= % Oxido crómico presente en Heces
 PAA= % Perdida de Amino Acido después de 1 hora en agua marina
 AADI=% Amino Acido presente en la Dieta Inmersa en agua marina (base seca)
 PMS= % Perdida de Materia seca después de 1 hora en agua marina
 P1 y P2 Peso de una muestra de alimento antes y después de la prueba de lixiviación (1 hora en agua marina)

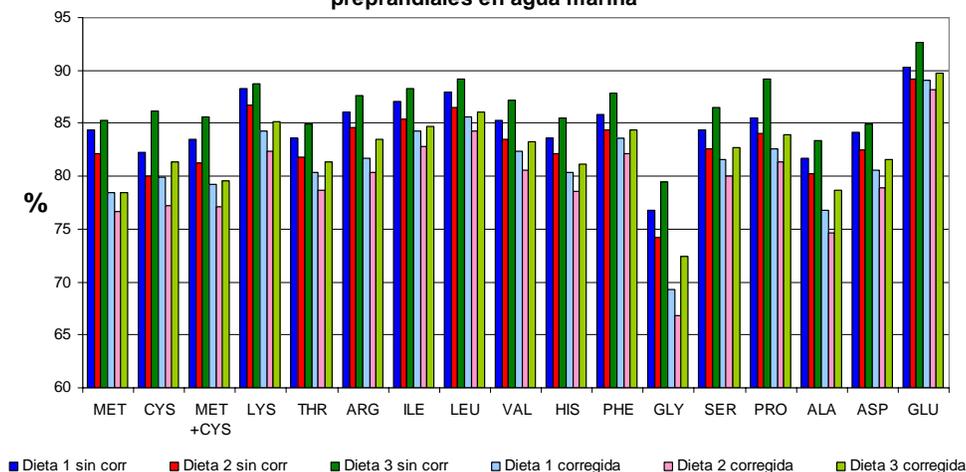
Las pérdidas de AA por lixiviación fueron del 9 al 32% del contenido inicial alimenticio, dependiendo del AA analizado y del aglutinante utilizado, con las mayores pérdidas para metionina y lisina (~25%), seguido de arginina, glicina y alanina (>20%) (Figura 9-2).

Fig.2 % AA perdidos en agua marina

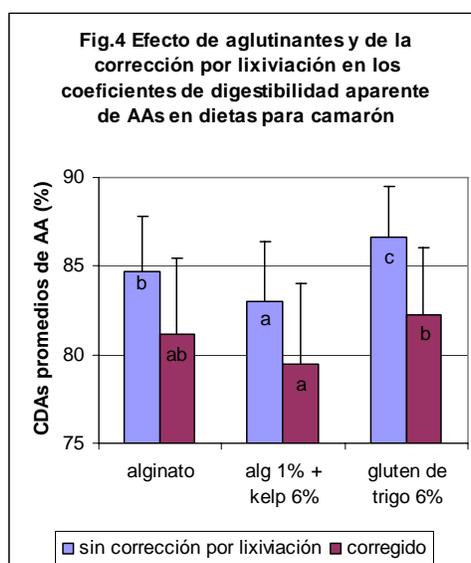


Los coeficientes de digestibilidad corregidos estuvieron en el rango de 70% (glicina) a 89% (glutámico), con valores intermedios para metionina, arginina y lisina (78, 82 y 84% respectivamente) (promedios globales entre los tres tratamientos) (Figura 9-3).

Fig.3 Digestibilidad de AA, sin y con corrección por las pérdidas preprandiales en agua marina



El tipo de aglutinante tuvo un efecto significativo sobre el coeficiente de digestibilidad promedio de los AA (83, 81 y 84% para T1, T2 y T3 respectivamente). Por otro lado, los coeficientes de digestibilidad corregidos por lixiviación fueron significativamente más bajos que los no corregidos (81 vs 85%) (Figura 9-4).



Las diferencias entre los valores corregidos y no corregidos fueron altas para glicina (7%), metionina (6%) y alanina (5%), intermedias para lisina, arginina (4%) y la mayoría de los otros AA (3%), y mínima para el ácido glutámico (2%) (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de CDAs, de alimentos experimentales con diferentes aglutinantes sin corregir versus corregidos

AA	Promedio		Diferencia	% sobre-estimación
	Sin corregir	corregido		
met	84	78	6	8
cys	83	79	3	4
met+cis	83	79	5	6
lys	88	84	4	5
thr	83	80	3	4
arg	86	82	4	5
ile	87	84	3	4
leu	88	85	3	3
val	85	82	3	4
his	84	80	4	5
phe	86	83	3	3
gly	77	70	7	11
ser	84	81	3	4
pro	86	83	4	4
ala	82	77	5	7
asp	84	80	4	4
glu	91	89	2	2

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

Los autores concluyeron que es necesario cuantificar las pérdidas preprandiales de AA dietarios en el agua para calcular valores precisos de digestibilidad en camarón, especialmente para metionina o lisina, aminoácidos esenciales cuyas concentraciones dietarias frecuentemente son limitantes para el crecimiento, y que presentan las mayores pérdidas por lixiviación.

5.7. Conclusión sobre estabilidad en agua

Durante mucho tiempo se ha manejado la norma que el “mejor alimento peletizado para camarón es el que más tiempo permanece sin desintegrarse en el agua”, de ahí el uso elevado de diversos aglutinantes. Sin embargo, el grado y el tiempo de estabilidad en el agua realmente requeridos pueden ser menores si los alimentos poseen textura, forma y tamaño adecuados y si contienen sustancias atrayentes que estimulan el consumo (Meyers y Zein-Eldin, 1972; Lim y Cuzon, 1994; Cruz-Suárez *et al.*, 2001). Los niveles óptimos de aminoácidos se deben de calcular para cada alimento considerando la pérdida por lixiviación, la digestibilidad, el requerimiento de aminoácido por gramo de camarón por día, y el consumo de alimento. Por esta razón el requerimiento de aminoácidos esenciales debe cubrirse con fuentes de aminoácidos poco solubles.

6. Capacidad de absorción de agua

6.1. Definición

Absorción. Penetración y retención de un líquido en un sólido (Badui, 1988).

Hidratación (solvatación). Capacidad de algunas sustancias de retener agua por medio de puentes de hidrogeno establecidos con sus grupos hidrófilos, como OH, NH₂, COOH, CO, NH y SH, que aumenta cuando estos grupos se encuentran ionizados, por lo que depende del pH del sistema. Esta propiedad influye en los polímeros para formar geles y producir suspensiones viscosas; la mayoría de las proteínas globulares sin desnaturalizarse retienen de 20 a 50g de agua por 100g, mientras las no globulares hasta 95 veces su peso en agua a 4°C (Badui, 1988). El agua afecta la textura de los alimentos extruidos a base de cereales, plastificando y ablandando la matriz almidón-proteínas, alterando la fuerza mecánica del producto (Katz and Labuza, 1981).

6.2. Factores que afectan la capacidad de absorción de agua de un alimento peletizado

1. **Ingredientes.** Propiedades funcionales conjuntas de cada uno los ingredientes utilizados en la formulación, en especial su contenido de almidones, proteínas (gluten de trigo), fibra, hidrocoloides. Los lípidos disminuyen la capacidad de hidratación, pero la presencia de emulsificantes incrementa la capacidad de absorción de agua (Pomeranz, 1991). Los polisacáridos vegetales en los alimentos controlan e influyen en la forma, la textura, capacidad de retención de agua y propiedades sensoriales globales (Pomeranz, 1991).
2. **Proceso.** Hilton y Cho (1981) reportaron un porcentaje de absorción de agua de 55% para pelets para salmón extruidos y de 39% para alimentos peletizados, después de 1 minuto de inmersión en agua. La hidratación o inmersión prologada produce una

expansión o hinchamiento del pelet. La mayor masa de los pelets húmedos no disminuyó la cantidad de alimento consumido en la trucha, pero el tiempo de vaciado del tracto digestivo fue el doble y la textura de las heces fue diferente.

3. **Aglutinantes.** En alimentos comerciales peletizados para camarón con más de 20% de trigo molido, Cruz-Suárez *et al.* (2000) reportan valores de capacidad de absorción de agua mayores al 100% con niveles de 3 % y 5 % de harina de kelp y entre 60 y 70% en alimentos con 0.8% de Maxibond.

6.3 Importancia

En la naturaleza los camarones se alimentan de presas como crustáceos, gasterópodos, bivalvos, poliquetos que presentan un elevado contenido de agua (75-85%) y una textura suave que les permite sostener y desgarrar el alimento (Dall *et al.*, 1991). Fernández *et al.* (1984) hacen referencia a los estudios de Forster (1972) y de Kitabayashi *et al.* (1971), quienes obtuvieron mejores resultados alimentando *Palaemon serratus* y *Penaeus japonicus* con dietas en forma de pastas que con granulado y mencionan como causas posibles la destrucción o desnaturalización de uno o más nutrientes importantes durante el proceso de secado y/o el hecho de que el alimento seco podría causar una congestión en el proventrículo de los animales y afectar seriamente la interacción del alimento con las enzimas digestivas. Estos mismos autores reportan mejores resultados utilizando agua de mar, en lugar de agua dulce, en la preparación de sus dietas, como factor de palatabilidad. Hecho también constatado por Gunter y Venkataramiah (citado por New, 1976).

Los alimentos peletizados suministrados a los camarones solo adquieren un contenido de agua similar y una textura suave después de cierto tiempo de estancia en el agua, una vez que se han hidratado. A pesar del impacto que tiene la hidratación del pelet sobre la textura al momento del consumo, la capacidad de absorción de agua de los alimentos ha sido más estudiada en alimentos para peces que en alimentos para camarón. En esos estudios se demuestra un efecto sobre el consumo, pero también sobre el tránsito digestivo y sobre la consistencia de las heces (Hilton y Cho, 1981; Stradmeyer *et al.*, 1998).

Con la metodología desarrollada a partir del estudio con harina de kelp (Cruz-Suárez *et al.*, 2000), el porcentaje de absorción de agua ha sido reportado junto con la estabilidad en el agua en estudios posteriores de dichos autores, por ejemplo, para evaluar el efecto de la inclusión de ingredientes como harinas de chicharo y de canola procesadas de diferente forma (Cruz-Suárez *et al.*, 2000), el efecto del uso de diferentes aglutinantes como harina de trigo sola o adicionada con gluten de trigo, harina de kelp o con Pegabind (Cruz-Suárez *et al.*, 2001), el efecto de reemplazo de harina de pescado con harinas de subproductos de pollo (Cruz-Suárez *et al.*, 2004), digestibilidad de alimentos comerciales (Marín-Zaldívar *et al.*, 2002) etc... En esos estudios, una mayor capacidad de absorción de agua del alimento se ha ligado a un mayor consumo y un mayor crecimiento, y una modificación en la textura o dureza de los pelets húmedos.

Cruz-Suárez *et al.* (2000), y Suarez-García (2006), también han encontrado diferencias

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

importantes en la capacidad de absorción de agua de pelets experimentales (extruídos con molino de carne) y alimentos peletizados. Los alimentos experimentales con harina de trigo como principal agente aglutinante, absorben una gran cantidad de agua (117.6%); al agregar alginato o harina de algas la capacidad de absorción de agua aumenta: con alginatos al 3% (191%), con harinas de kelp al 4% (153.5%) y con 2 y 4% de Sargassum (129.8 y 139.3%). En otro estudio, Cruz-Suárez *et al.* (2002) reportan 180% de absorción de agua en alimentos experimentales con 3% de alginato y 130 y 150% para alimentos con 2 y 4% de harina de kelp, equivalentes a 0.5 y 1.7 de alginato; mostrando una relación lineal entre la capacidad de absorción de agua de los pelets y el contenido de alginato. Peña (2002) reporta 195.5% de absorción de agua con 3% de alginato y una reducción en la capacidad de absorber agua cuando, además del alginato, agrega 4% de harina de kelp (186.6%). En alimentos comerciales peletizados producidos en Ecuador, Cerecer (2005) reporta una capacidad de absorción de agua después de 60 minutos de inmersión en agua de 152% para control con harina de trigo, 139.8% con harina de kelp y gluten y una disminución a 113% con aglutinante sintético. En ese estudio se demostró adicionalmente que la capacidad de absorber agua de los pelets se relacionaba directamente ($R^2=0.957$) con la PMS de los alimentos.

Las evaluaciones de alimentos comerciales peletizados mexicanos producidos en el año 2000 y 2004 realizadas por Cruz-Suárez *et al.* (2001) y Ruiz-Díaz *et al.* (2004) reportan valores de absorción de agua que van de 54 a 102% y de 58 a 132 % respectivamente.

6.4. Método de Evaluación

No existe una técnica estandarizada para medir la capacidad de absorción de agua en alimentos para camarón. Los métodos empleados se basan en metodologías descritas para el estudio de especialmente de fibras dietarias solubles (dispersability in water or water-holding capacity) y el estudio de geles.

El método empleado por nuestro laboratorio consiste en sumergir dentro de un recipiente una cantidad conocida de pelets (5g) en agua destilada, durante un tiempo determinado, eliminar el exceso de agua por filtración a través de una malla #200 en un matras Kitasato usando una trampa de vacío hasta que deje de gotear (la malla es tarada previamente), y reportar el peso húmedo final con respecto al peso seco inicial de la muestra. En esta prueba, como en la de PMS, la temperatura, la salinidad del agua, y el tiempo de maduración del pelet son factores que afectan el resultado y que por lo tanto deben ser definidos para permitir comparaciones. En el caso de alimentos que presentan desintegración con alta viscosidad, la eliminación de agua por tamizado presenta dificultades porque el tamiz se colmata, de ahí el uso del matras Kitasato conectado a una trampa de vacío.

Se han hecho estudio de la curva de absorción de agua a través del tiempo en alimentos con diferentes aglutinantes. También se puede medir la velocidad de hidratación del pelet del exterior al interior del mismo por observaciones de cortes transversales de los pelets a diferentes tiempos de inmersión.

6.5. Evaluación de la capacidad de absorción de agua de alimentos comerciales en México (Ruiz-Díaz *et al.*, 2004)

Para determinar el porcentaje de absorción de agua de alimentos peletizados comerciales de diferentes marcas, colectados en México, se realizaron pruebas con tres replicados, utilizando agua destilada, y calculando la absorción de agua en base al contenido de materia seca inicial y el peso del pelet hidratado, usando la siguiente formula: $\%Abs = 100 * (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}$

En este estudio la capacidad de absorción de agua de los alimentos peletizados de diferentes marcas, después de 60 minutos de inmersión en agua fue significativamente diferente. Los valores encontrados de absorción de agua en los alimentos en presentación migaja fueron en general más altos, en promedio 116% (94.6 a 127%), en comparación a la presentación en pelet que presentó valores desde 58 hasta 132%, con un promedio de 94% (Fig. 10).

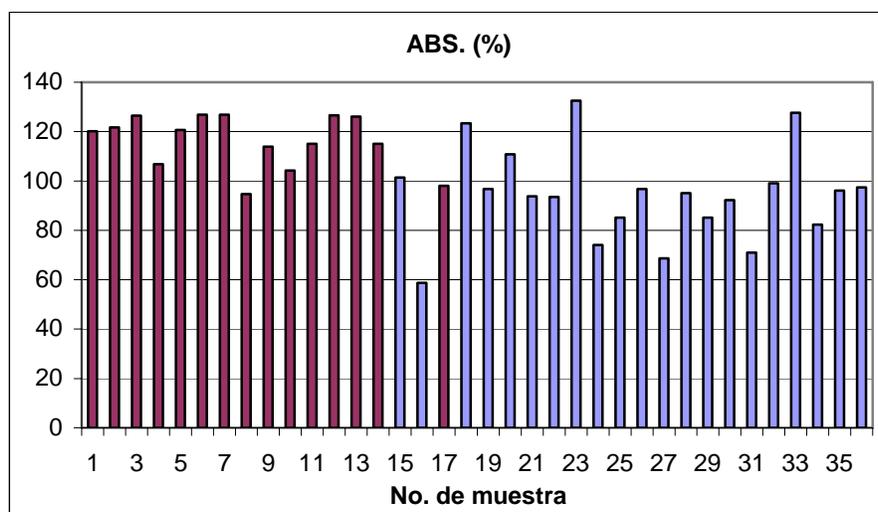


Figura 10. Porcentaje de absorción de agua encontrado en los alimentos analizados

Cabe mencionar que la capacidad de absorber agua de los pelets esta determinada por las propiedades conjuntas de los ingredientes que componen el alimento, y por el proceso y grado de compactación al que fueron sometidos para fabricar el alimento.

En el presente estudio se demostró que adicionalmente esta capacidad de absorber agua de los pelets esta relacionada directamente ($R^2=0.957$) con la PMS de los alimentos (Cerecer-Cota, 2005)

7. Dureza de alimentos secos y de alimentos húmedos

El primer estudio de textura reportado en alimentos peletizados para camarón, fue usando un análisis de perfiles de textura de pelets secos, fabricados con diferentes aglutinantes (Obaldo, 2002). En este trabajo además se evalúa la estabilidad en el agua y efecto de estos alimentos sobre el crecimiento. Estos resultados preliminares sugieren que los parámetros de textura de los alimentos pueden ser usados para predecir la estabilidad en el agua, desintegración y el crecimiento animal.

Trabajos subsecuentes con pelets en estado húmedo demuestran una correlación negativa del consumo del alimento con la dureza del pellet húmedo (Cerecer-cota, 2004; Cerecer-Cota *et al.*, 2005). De los factores que pueden afectar, *a priori*, la dureza del pelet (composición de ingredientes, proceso de fabricación, aglutinantes), lo poco que se ha estudiado a la fecha indica que los aglutinantes sintéticos tipo urea-formaldehído tienden a aumentar la dureza del pelet húmedo y a reducir el consumo, y que un aglutinante natural, la harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*), tiene la ventaja de combinar una mayor dureza del pelet seco (y probablemente mayor durabilidad) con una menor dureza del pelet húmedo, ligada a una mayor absorción de agua en el pelet y a un mayor consumo.

Dureza de alimentos experimentales producidos a escala comercial con diferentes aglutinantes

En un estudio sobre alimentos peletizados para camarón con aglutinantes sintéticos y naturales, se evaluaron parámetros de textura de los pelets secos o húmedos, en paralelo con la estabilidad en agua y la capacidad de absorción de agua del alimento, así como la respuesta de los animales en una prueba de alimentación.

El alimento control (dieta C) tenía harina de trigo como único aglutinante y los 3 alimentos experimentales tenían: 0.3% de gluten de trigo (dieta G), 3.5% de harina de kelp *M. Pyrifera* (dieta K), o 0.6% del aglutinante sintético Pegabind® a base de urea-formaldehído (dieta S). El alimento fue producido a escala comercial en Ecuador por la compañía ENACA con ingredientes comúnmente usados en la industria Ecuatoriana: harina de pescado, harina de trigo, afrecho de trigo, polvillo de arroz, harina de plumas, pasta de soya, aceite de pescado, lecitina de soya, vitaminas y minerales; contenía 29% de proteína y 10% de lípidos. El grado de pérdida de materia seca (PMS) y la capacidad de absorción de agua (ABS) fueron determinados en el Programa Maricultura, mientras que la textura fue determinada de dos maneras, en diferentes tiempos y lugares: empleando el analizador de textura TA.XT2i en el Oceanic Institute (Cruz-Suárez *et al.*, 2002c), o un texturometro Instron 4465 en la Universidad de Sonora (Cerecer-cota, 2004; Cerecer-Cota *et al.*, 2005).

En el OI, el texturometro estaba equipado de una sonda cilíndrica de 50.8 mm de diámetro y el análisis de perfil de textura (TPA por sus siglas en inglés) se llevó a cabo comprimiendo un pelet individual (10 pruebas replicadas) hasta una compresión del 75% de su espesor original, a una velocidad de 5mm/segundo. En la UNISON, la prueba de compresión se llevó a cabo con una

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

sonda de 36mm de diámetro, sobre una muestra de 9 g de pelets (3 replicados), colocada en un cilindro de 40.8 mm de diámetro interno, a una velocidad de 25mm/min (i.e. 0.4 mm/sec), hasta alcanzar una compresión de 25% para pelets secos (el pistón avanzó de 2.5 mm comprimiendo los 9 g de pelets arreglados en el fondo del cilindro en una cama de espesor uniforme de 9.7mm al inicio de la prueba, dando una compresión final de $100 \times 2.5 / 9.7 = 25\%$) y de 47% para pelets húmedos (avance de 5.5mm en una cama de pelets húmedos de 11.7 mm de espesor inicial).

Como valor de dureza se tomó la fuerza de resistencia máxima ofrecida por el material comprimido a lo largo del total de la trayectoria de la sonda, mientras la fuerza de fractura es la máxima registrada antes del primer quebrantamiento (señalado por la primera caída de la fuerza de resistencia).

De las pruebas realizadas en el OI, destaca el resultado del alimento con kelp: mayor dureza, mayor resistencia a la presión mecánica (menor fracturabilidad), mayor distancia recorrida hasta el primer punto de quiebre (elasticidad) (Tabla 6). Los valores de dureza de pelets secos obtenidos en la UNISON fueron 10 veces mayores, como era de esperarse por las diferencias en la metodología usada (compresión de una cama de pelets en lugar de uno solo); se esperaba que la tendencia observada en el OI para los diferentes aglutinantes se conservara, pero esto no sucedió ya que fue el alimento con gluten el que presentó mayor dureza en la UNISON, indicando que el comportamiento de una cama de pelets sometida a compresión es diferente del de un pelet individual.

Tabla 6. Parámetros de estabilidad en agua, absorción de agua, textura en seco y en húmedo, y consumo de alimentos con diferentes aglutinantes

Alimentos experimentales:	Control	Gluten	Kelp	Aglutinante	Probabilidad
Parámetros de la evaluación	Sin aglutinante	0.3%	3.5%	Sintético 0.6%	ANOVA
% Pérdida de Materia Seca	10.4±0.3 d	7.5±0.4 c	6.3±0.2 b	2.6±0.2 a	<0.001
% Absorción de agua 15 min	70±2 b	63±6 ab	63±1 ab	54±2 a	0.04
% Absorción de agua 60 min	153±16 b	140±3 b	139±1 b	114±1 a	<0.001
<u>Parámetros de Textura OI</u>					
Dureza 1, pelet seco, Kgf	8.4±0.7 a	8.0±1.3 a	11.3±1.4 b	8.0±0.8 a	
Fracturabilidad					
Fuerza, Kgf	6.1±0.7 a	6.1±1.3 a	7.9±0.9 b	5.4±0.9 a	
Distancia, mm	0.39±0.04 a	0.39±0.05 a	0.46±0.05 b	0.36±0.03 a	
Tiempo, s	0.09±0.01 a	0.09±0.01 a	0.10±0.01 b	0.08±0.01 a	
Cohesividad	0.35±0.05 a	0.36±0.07 a	0.38±0.03 a	0.35±0.03 a	
<u>Parámetros de Textura UNISON</u>					
Dureza 2, pelets secos, Kgf	90±6 a	106±10 b	96±8 a	88±4 a	0.006
Dureza pelet húmedo 15min, Kgf	3.6±0.3 a	3.9±0.5 a	4.2±0.6 a	7.4±0.9 b	<0.001
Dureza pelet húmedo 60min, Kgf	0.8±0.1 a	1.1±0.1 b	1.0±0.2 ab	1.8±0.2 c	<0.001
Consumo de alimento, g mat seca	0.75±0.03 a	0.72±0.11 a	0.69±0.11 a	0.49±0.18 b	

Comparando los resultados obtenidos con pelets secos y húmedos con la misma metodología en la UNISON, se observa una drástica disminución en la dureza de los pelets después de 15 minutos de inmersión en agua marina (95 %), con una disminución un poco mayor todavía a los 60 min (Tabla 6, Figura 11).

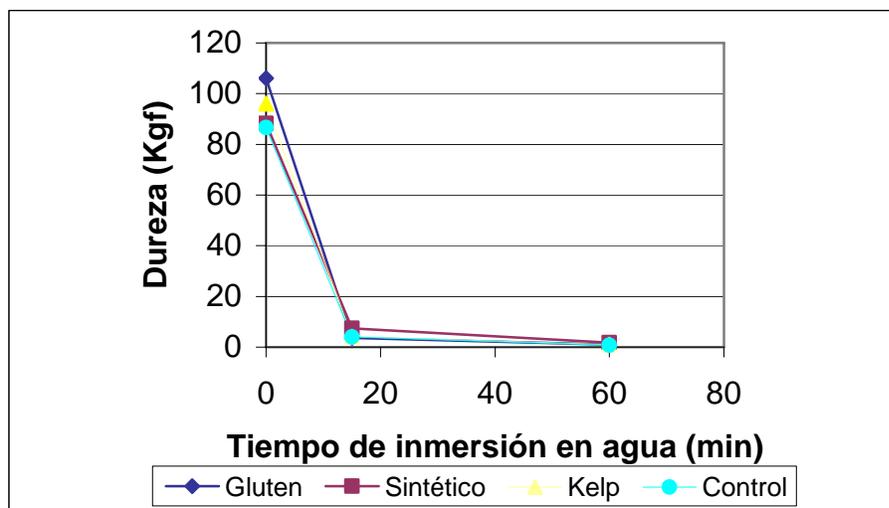


Figura 11. Cambio de dureza de los pelets con el tiempo de inmersión

Con estas cinéticas de hidratación observamos que el alimento control presentó menor dureza y el alimento con aglutinante tipo urea-formaldehído la mayor dureza en los 2 tiempos de inmersión en el agua, y esto coincidió inversamente con la capacidad de absorción de agua de los alimentos.

En este estudio se demuestra que las características físicas están relacionadas entre si; a mayor capacidad de absorción de agua, los pelets se expanden hasta el rompimiento de su integridad física produciendo una mayor PMS y una menor dureza ya que la matriz formada se expande; sin embargo la desintegración del pelet es baja, ya que el alimento se melifica con los hidrocoloides presentes en la harina de kelp. Considerando que la absorción de agua es la característica física más fácil de medir, podría proponerse como la metodología a adoptar en granjas para control de calidad de PMS y de textura. Adicionalmente se encontró que los alimentos más duros en seco no son los más duros en húmedo, mientras que las tendencias de dureza de los alimentos a los 15 minutos se mantienen a los 60 minutos de inmersión en agua.

Se realizaron correlaciones de todas las características físicas de los alimentos (tabla 7), pero solo se obtuvieron buenas correlaciones de la absorción de agua con la dureza en húmedo (correlación negativa) y pérdida de materia seca (figuras 12 y 13). En contraste no hay correlación de la absorción de agua con la dureza del pelet seco. Finalmente, la absorción de agua y pérdida de materia seca por lixiviación, no por desintegración, fueron significativamente correlacionadas con el consumo de alimento por los camarones.

Tabla 7. Correlación d el porcentaje de absorción de agua con la textura del pelet y el consumo de alimento

Parámetros	R ²	P
%ABS 60 min vs Dureza 60 min	0.977	0.011**
%ABS 60 min vs Dureza seco	0.072	0.730
%ABS 60 min vs PMS 60 min	0.957	0.021*
%ABS 60 min vs consumo de alimento 28 días	0.966	0.017*
%PMS vs consumo de alimento 28 días	0.905	0.049*

Correlaciones significativas* con una P≤0.05, altamente significativas** con una P≤0.01

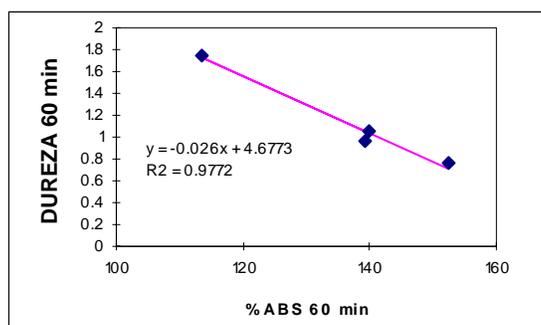


Figura 12. Correlación absorción 60min vs dureza 60 min

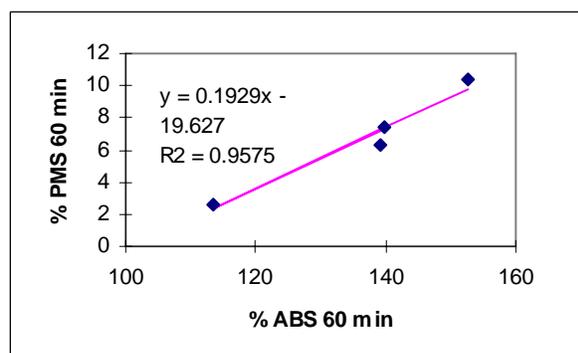


Figura 13. Correlación absorción 60min vs PMS 60min

Bajo las condiciones de este estudio se concluyó que la inclusión de aglutinantes evaluados modifica las características físicas de los alimentos peletizados:

- La PMS en agua disminuye con la adición de los aglutinantes en el siguiente orden: aglutinante tipo harina de trigo > gluten de trigo y harina de kelp > urea-formaldehído.
- La capacidad de absorción de agua se modifica con la inclusión de los aglutinantes, y esta correlacionada a la PMS por lixiviación, presentando una capacidad de absorción de agua en el siguiente orden: harina de trigo > gluten y harina de kelp > urea-formaldehído.
- La dureza de los pelets secos no está relacionada con la dureza en húmedo, la dureza en seco siguió el siguiente orden:
gluten > Kelp > trigo molido > aglutinante tipo urea-formaldehído.
- La dureza en los pelets húmedos presenta una relación inversa con la absorción de agua, y con la PMS de los pelets (o una relación directa con la estabilidad de los alimentos). El orden de dureza en húmedo de encontrado con los aglutinantes evaluados es el siguiente: aglutinante tipo urea-formaldehído > gluten y kelp > trigo molido.
- El consumo se correlacionó con la capacidad de absorción de agua y la dureza de los alimentos rehidratados; el consumo fue mayor con alimentos blandos y con mayor capacidad de absorción de agua. El alimento más consumido fue el alimento control seguido de gluten, kelp y aglutinante tipo urea-formaldehído.

- Las tasa de crecimiento fueron mayores con las dietas control, gluten y kelp en comparación con la dieta con aglutinante sintético tipo urea-formaldehído; esto es porque dichos tratamientos tienen mayor consumo que el alimento con aglutinante sintético; sin embargo, la tasa de conversión alimenticia no se vió afectada por la adición de los diferentes aglutinantes.
- De los parámetros físicos evaluados el más fácil de medir es la capacidad de absorción de agua de los alimentos. Por ello, se podría aplicar este método para establecer un control de calidad, como indicador indirecto de la dureza de los pelets, y el consumo de los mismos directamente en las granjas.

Debido a que existen diferentes metodologías para medir los parámetros físicos, la comparación entre diferentes estudios es difícil y por lo tanto es necesario estandarizar dichas metodologías para poder obtener valores comparables, ya que fue una de nuestras problemáticas en las comparaciones realizadas con los valores de la literatura. Los aglutinantes afectan las características físicas del alimento y éstas a su vez el consumo. Las características físicas óptimas para su sistema de cultivo deben definirse considerando el manejo del alimento, la eficiencia de los atrayentes de la fórmula y la frecuencia de alimentación ya que entre más atrayente sea el alimento y mayor sea el número de alimentaciones, las granjas pueden usar alimentos menos estables

Dureza de alimentos peletizados comerciales Mexicanos húmedos y correlación con el consumo.

Se determinó la dureza de los pelets con un equipo Instron usando la metodología desarrollada por Cerecer *et al.* (2004), después de sumergirlos una hora en agua marina (Tabla 8). Se determinó el consumo de los alimentos en bioensayos nutricionales (Mendoza-Cano *et al.*, 2004 b). La selección de algunos alimentos (un tanto subjetiva) permite una correlación negativa casi perfecta de la dureza del alimento húmedo con el consumo observado en el bioensayo de alimentación (Fig. 14).

Tabla 8. Dureza de alimentos peletizados mexicanos de diferentes marcas, después de sumergirlos una hora en agua marina, con un equipo Instron usando la metodología desarrollada por Cerecer *et al.* (2004)

Alimentos	Dureza en pelets húmedos (Kgf)
1	1.46±0.22 b
2	5.30±0.63 f
3	5.34±0.24 f
4	1.98±0.28 c
5	1.51±0.10 b
6	1.26±0.30 b
7	0.87±0.12 a
8	2.55±0.20 d
9	3.87±0.20 e
10	1.41±0.17 b

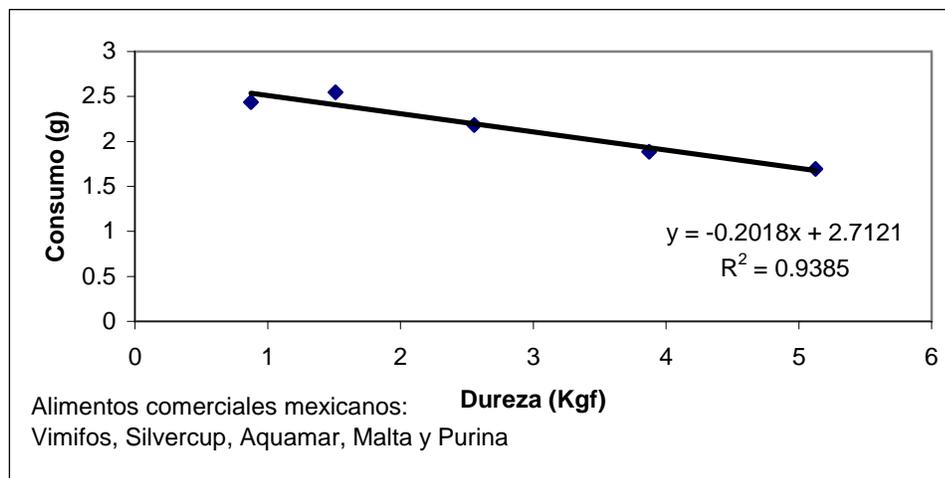


Fig. 14 Correlación del consumo con la dureza de alimentos comerciales Mexicanos

Cabe señalar que el tipo de proceso y la adición de alginato afecta de manera significativa la dureza de los pellets secos y húmedos, ya que al reprocesar en laboratorio los alimentos comerciales en molino de carne después de agregarles óxido de cromo y alginato para los estudios de digestibilidad, su dureza en húmedo disminuyó drásticamente, con un valor promedio final de 0.0214 ± 0.007 Kgf.

Conclusión

En el examen visual del alimento, es importante incluir el uso del estereomicroscopio para una mejor apreciación de los componentes del color (e inclusive la identificación de los ingredientes, con un poco de experiencia), la homogeneidad de molienda, la presencia de fracturas en el pellet seco, que son aspectos de primera importancia para sacar conclusiones sobre estabilidad del alimento en agua, digestibilidad y por ende crecimiento.

El rango de tamaño de los pellets disponibles en México (diámetro 2-2.5mm, longitud 4-6mm, 30-50 piezas por gramo) corresponde a lo recomendado, pero conviene recordar que el uso de pellets de menor tamaño tiende a disminuir la competición entre camarón e uniformizar el crecimiento, con la ventaja adicional de minimizar la cantidad de finos (hasta 7.5% en algunas muestras de migaja, vs menos del 1% generalmente en pellets).

Al percatarse que los alimentos comerciales de México pierden, en la primera hora de inmersión en agua, de 3 a 12% de su materia seca, de 6 a 20% de su proteína cruda, y en promedio 14 y 13% de su contenido en metionina y lisina, aminoácidos esenciales que generalmente son los que limitan el valor nutricional del alimento, uno entiende la importancia de determinar estas pérdidas con precisión para intentar controlarlas usando ingredientes y procesos adecuados, y tomarlas en cuenta en los cálculos de digestibilidad y en la formulación del alimento.

La capacidad de absorción de agua del pelet (hidratación) varió de un 60 a un 120% del peso inicial de los alimentos colectados en 2004 en México, con un valor generalmente ligeramente menor y más variable en pelets que en migajas. Es un parámetro fácil de medir, que presenta una alta correlación con la pérdida de materia seca, e que es inversamente correlacionado con la dureza del pelet húmedo (hidratado), lo que permite inferir sobre la palatabilidad y el consumo del mismo.

La medición de la dureza de los pelets secos e hidratados es posible mediante equipos sofisticados, y los resultados permiten entender mejor algunas observaciones sobre durabilidad de los pelets secos, y palatabilidad de los pelets húmedos, y permite una mejor evaluación de los aglutinantes y procesos de fabricación.

Literatura consultada

- Andrew, J.E., Hilm, J. y F.A. Huntingford. 2004. The Effect of Pelet Texture on the Feeding Behaviour of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture* 232: 471-479.
- ASAE. 1987. Wafers, pelets, crumbles - definitions and methods for determining density, durability, and moisture content. ASAE Standard S269.3, *Agricultural Engineers Yearbook of Standards*. p 318. American Society Agricultural Engineers.
- Aquacop. 1978. Study on Nutritional requirements and Growth of *Penaeus meguiensis* in tank by means of Purified an Artificial Diets. *Proc. World Mariculture Soc. Annv. Meet.* 9, 225-234.
- Association of Official Analytical Chemists, AOAC. 1990. Ash of Animal Feed, No. 942.05. *Officials Methods of Analysis*. Décimo quinta edición. EE.UU. Pp 70.
- Association of Official Analytical Chemists, AOAC. 1990. Fiber (crude) in Animal Feed. Ceramic Fiber Filter Method. No. 962.09. *Officials Methods of Analysis*. Décimo quinta edición. EE.UU. Pp 80-81.
- Badui, S. D. 1988. *Diccionario de tecnología de los Alimentos*. Alhambra Mexicana. S.A. México. Pp 38, 106, 232. 300p.
- Bates, L. S. *Aquaculture feed microscopy A practical approach to Quality Control*. <http://www.alteca.com/aquaculture.htm>.
- Behnke, K.C. 1994. Factors affecting pelet quality. Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry Science and Animal Science, College of Agriculture, University of Maryland, College Park.
- Behnke, K. C. 2001. Factors influencing pelet quality. <http://www.ag.uiuc.edu/~asala/espanol/nutricionanimal/MEMORIS01/FactorsInfluencingPeletQuality-behnke2001.pdf>
- Bortone, E. O. 2003. Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos para Camarones. *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre de 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Bourne, M.C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Segunda edición. Academic Press. EE. UU. Pp. 14, 22, 73-81, 182-186, 227-233.
- Carneiro, D.J., 2003. Efecto del diámetro del pelet en la supervivencia y crecimiento de juveniles de Trairao (*Hoplias lacerdae*). *CIVA 2003* (<http://www.civa2003.org>), 287-294.
- Cerecer-Cota, E., Ricque-Marie, D., Mendoza-Cano, F., Nieto-López, M.G., Cruz-Suárez, L.E., Ramírez-Wong, B., Salazar-García, M.G. y Velasco-Escudero, M. 2005. Pelet stability, hardness, influence feed consumption of pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate*. Abril 2005. Volume 8, Issue 3. pags. 84-85.
- Cerecer-Cota, E. E. 2005. Efecto de la textura y otros parámetros físicos de alimentos peletizados con inclusión de aglutinantes naturales y sintéticos sobre el consumo en camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei*. Tesis licenciatura. FCB/UANL. México.
- Cheng Z., Behnke K.C. y W.G. Dominy. Comparison of Pelet Water Stability in Shrimp Diets Made from Whole Wheat, Wheat Flour, Wheat Gluten, Wheat Starch, Wheat Bran and Wheat Germ. *American Association of Cereal Chemists 2000. Annual Meeting*. 5 al 9 de Noviembre de 2000. Kansas City, Missouri, USA.

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. *Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

- Clifford III, H.C. 1997. Manual de Operaciones para el Manejo de *Super shrimp* en Estanques. Super Shrimp S.A. de C.V. Dirección de Servicios Técnicos.
- Cruz-Suárez, L.E. 1999. Digestión en Camarón y su Relación con Formulación y Fabricación de Alimentos Balanceados. Avances en Nutrición Acuicola III. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 11 a 13 de Noviembre de 1999. Monterrey, N.L. Pp 209.
- Cruz-Suárez, L. E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M. y C. Guajardo-Barbosa. 2000. Uso de Harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera*) en Alimentos para Camarón. En Editores: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Tapia Salazar, M., Olvera Novoa, M.A. y Civera Cerecedo, R. Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del Quinto Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 19 a 22 de Noviembre de 2000. Monterrey, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp 227-266.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M. y Guajardo-Barbosa, C. 2001 a. Kelp, un excelente aditivo atrayente, aglutinante y texturizante, con propiedades inmunoestimulantes. Panorama Acuicola. Enero/Febrero de 2001. Vol. 6 No. 2, 42-45.
- Cruz Suárez, L E., Rique Marie, D., Tapia Salazar, M., Guajardo Barbosa, C., Obaldo, L., Carrasco A., y Velasco M. 2001 b. Estudio del efecto de la utilización de diferentes aglutinantes disponibles comercialmente para la elaboración de alimentos para camarón sobre su estabilidad en el agua, textura y digestibilidad *in vivo*. Proceedings del VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Estrategia de una nueva industria. Strategies of a new industry. Guayaquil, Ecuador. Octubre 24-27, 2001.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., McCallum, I.M. y D. Hickling. 2001 c. Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and canola meal (*Brassica sp.*) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). Aquaculture 196, 1-2, 87-104.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D. Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C. Marin-Zaldivar, L.F. 2002 a. Análisis de algunas características físico-químicas de los alimentos comerciales usados en el 2001 por los productores de camarón en México. Panorama Acuicola Magazine. Vol. 8 No. 1, pp 16-18.
- Cruz Suárez, L. E., Rique Marie, D., Tapia Salazar, M., Marín, L., Guajardo Barbosa, C., Nieto López, M.G., Salinas Millar, A. 2002 b. Historia y estatus actual de la digestibilidad y de algunas características físicas químicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México. En: Cruz-Suárez, L. E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en nutrición acuicola VI. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre de 2002. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León México. Págs. 1-22. ISBN: 970-694090-1.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique Marie, D., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C., Obaldo, Leonard, Velasco Escudero, M. y A. Carrasco. 2002 c. Water Stability and Texture of Shrimp Pelleted Feeds Formulated with Natural and Synthetic Binders. Global Aquaculture Advocate. October, 2002, 44-45.
- Cruz-Suárez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Rodríguez-Navarro, A. y A. E. Mora-Zuñiga. 2002 d. Proyecto de Investigación: Evaluación de la Inclusión de la Harina de Alga *Sargassum sp.* en Alimentos para Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Programa Maricultura.
- Cruz-Suárez, L.E., Nieto-López, M., Rique-Marie, D., Guajardo-Barbosa, C. y Scholz, U. Uso de harina de subproductos avícolas en alimentos para *L. vannamei*. En Editores: Cruz Suárez, L.E., Rique Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal Cavazos, D.A., Scholz, U. y M.L. González Félix, 2004 a. Avances en nutrición acuicola VII. Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. 16 al 19 de Noviembre de 2004. Monterrey, Nuevo León, México. Págs. 215-236. ISBN: 970-694-161-4.
- Cruz Suárez, L.E., Ruiz-Díaz, P.P., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M.N., Locatelli, L., Rique-Marie, D. 2004 b. Perfil de Aminoácidos y Lixiviación de Aminoácidos en Alimentos Comerciales para Camarón Utilizados En Mexico. En Editores: Cruz Suárez, L.E., Rique Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal Cavazos, D.A., Scholz, U. y M.L. González Félix. VII Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 Noviembre de 2004. Monterrey, Nuevo León, México. Programa y Libro de Resúmenes.
- Cruz-Suarez, L.E., Ruíz Díaz, P.P., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M.G., Rique-Marie, D., Locatelli, L., Lemme, A. 2005. Leaching impacts amino acid profiles of commercial shrimp feeds. Global Aquaculture Advocate. Abril 2005, Vol. 8, Issue 4, pags. 78-79.
- Cuzon G., Hew M., Cognie D. y Soletchnik P. 1982. Time lag effect of feeding on growth of juvenile shrimp *Penaeus japonicus*. *Aquaculture* 29, 33-44.

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Rique-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Rique Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

ISBN 970-694-333-5.

- Dominy, W.G. and C. Lim. 1991. Performance of binder in peleted shrimp diets. Pages 149-157 in Proceeding of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia. American Soybean Association. Singapore.
- Dominy, W.G., Cody, J.J., Terpstra, J.H. Obaldo, L.G. Chai, M.K. Takamori, T.I., Larsen, B. y I.P. Forster. 2003. A Comparative Study of the Physical and Biological Properties of Commercially-Available Binder for Shrimp Feeds. *Journal of Applied Aquaculture*. Vol 14 (3/4): 81-99.
- Dunsford. 2004. A quantitative Method of Evaluating Feed Consumption by *Litopenaeus vannamei* in Feed Attraction Studies. Abstract Book. Aquaculture 2004. Aquaculture ~ An Ecologically Sustainable and Profitable Venture. Honolulu, Hawai, USA. 1-5 de Marzo de 2004. Pp 71.
- Farmanfarmaian, A., and Lauterio, T. 1979. Amino acid supplementation of feed pellets of the giant shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*). *Proc. World Maricult. Soc.* 10: 674-688.
- Farmanfarmaian A., Lauterio T. y M. Ibe. 1982. Improvement of the stability of commercial feed pellets for the giant shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 27, 29-41.
- Fernández, R., Celada, J.D. y F. Muñoz. 1984. Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. España. Pp 7-11.
- Flint O., 1996., Microscopia de los alimentos. Manual de métodos prácticos utilizando microscopia optica. Editorial Acribia. 131 pp
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). 2004. FAO Fisheries Department, Fishery Information. Data and Statistics Unit. Yearbooks of Fisheries Statistics Summary Tables 2002. World Fisheries Production, by capture and Aquaculture, by Country 2002; World Aquaculture Production by Species Groups 1993-2002; World Aquaculture Production of Fish, Crustaceans, Molluscs, etc, by Principal Species in 2002. (www.fao.org).
- Forster, J.R.M., (1972). Some methods of binding prawn diets and their effects on growth and assimilation. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 34:200-216.
- Goldblatt M.J., Conklin. D.E., and Brown W.D. 1980. Nutrient leaching from coated crustacean rations. *Aquaculture*, 19: 383-388.
- Hairgrove, J.C. y A.L. Lawrence. 2005. The Effect of Pellet Water Stability on Chemoattraction of Feeds to the Pacific White Shrimps *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture America 2005 Abstracts*. Aquaculture ~ Image, Sustainability and all that Jazz. 17-20 de Enero de 2005. Pp 545.
- Harper A., 1998. The Importance of Pellet Quality In Hog Feeding. *Livestock Update*. http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/livestock/aps-98_09/aps-969.html
- Hashim R y N.A.M. Saat. 1992. The utilization of seaweed meals as binding agents in peleted feeds for anakehead *Channa striatus* fry and their effects on growth. *Aquaculture* 108. 299-308.
- Hastings, W.H. 1971. Study of Peleted Fish Foods Stability in Water. In J-L. Gaudet (editor), Report of the 1970 Workshop on Fish Feed Technology and Nutrition, Warmwater Fish Cultural Laboratories, Stuttgart, Arkansas, USA, 7-19 September 1970. Washington, D.C. Us Government Printing Office, EIFAC/Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Resource Publication 102: pp 75-80.
- Hecth, T., Peinar, A.G. 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 24(2):246-261.
- Hertrampf, J.W. y F. Piedad-Pascual. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publishers. Países Bajos. Pp 534.
- Hew, M., 1983. Contribution to the study of growth of the shrimp *Penaeus japonicus* Bate by artificial feeding – Effects of dietary lysine and arginine contents and nutrients leaching. Tesis Doctorado 3er ciclo, Université de Bretagne Occidental, Brest, France, pp159.
- Hilton, J.W., Cho, C.Y. y S.J. Slinger. 1981. Effect of Extrusion Processing and Steam Peleting Diets on Pellet Durability, Pellet Water Absorption and the Physiological Response of Rainbow Trout. *Aquaculture*, 25:185-194.
- Jory, D.E. 2003. Manejo Integral de Estanques de Producción y Alimento y Principios de Bioseguridad Aplicada para las Granjas Camaroneras. Curso RAPCO en acuicultura. Junio 2-6 de de 2003. Monterrey N.L. Pp.148-149.
- Katz, E.E., and Labuza, T.P. (1981). Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *J. Food. Sci.* 46, 403-409

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

- Kitabayashi, K., Kurata, H., Shudo, K., Nakamura, K. y Ishikawa, S., 1971. Studies on formula feed for Kuruma prawn-I: On the relationship among glucosalina, phosphorus and calcium. Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, 65:91-107.
- Lim, C. y G. Cuzon. 1994. Water stability of shrimp pelet a review. Asian Fisheries Science 7. 115-127
- Marín-Zaldívar L.F., Tapia-Salazar M., Guajardo-Barbosa C., Nieto-López M., Salinas-Millar A., Ricque-Marie D. y Cruz-Suárez L.E. 2002. Estudio exploratorio del grado de digestibilidad de los alimentos comerciales para camarón en México. Congreso Virtual Iberoamericano de Acuicultura. CIVA2002 (<http://www.civa2002.org>), 265-281.
- Mateos G.G. y Grobas S. El proceso de granulación: bases científicas y efectos nutricionales Barcelona, 8 y 9 de Noviembre de 1993. IX Curso de Especialización FEDNA.
- Mendoza-Cano, J. F., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Guajardo- Barbosa, C., Ricque-Marie, D., Cruz-Suárez, L.E. 2004 a. Digestibilidad *In vivo* de los Principales Alimentos Comerciales para Camarón Utilizados en Mexico en el Año 2004. VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre de 2004. Hermosillo, Sonora.
- Mendoza-Cano, J.F., Villarreal-Cavazos, D.A., Nieto-López, M.G., Guajardo-Barbosa, C., Ruiz-Díaz, P.P., Ricque-Marie, D., Cruz-Suárez, L.E. 2004 b. Evaluación de Alimentos Comerciales para Camarón Utilizados en Mexico en el Año 2004 en Términos de Rendimiento. VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre de 2004. Hermosillo, Sonora.
- Meyers, S.P. and Z.P. Eldin. 1972. Binders and pelet stability in development of crustacean rations. Proceedings of the world Mariculture Society 3:351-364.
- Muñoz-Latuz, O. 2004. Comparación entre extruido y peletizado en alimentos de camarones. In: Cruz-Suárez, L. E., Nieto-Lopez, M. G., Villarreal, D., Scholz, U., Gonzalez, M. Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del Septimo Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, 16 al 19 de Noviembre de 2004. Hermosillo Sonora. México.
- New, M.B. 1976. A review of dietary studies with shrimp and prawns. Aquaculture 9:101-144.
- Obaldo L.G., Dominy W.G., Terpstra J.H., Cody J.J., and Behnke K.C., 1998. The impact of ingredient particle size on shrimp feed. Journal of applied Aquaculture 8(4), 55-66.
- Obaldo L.G., Divakaran S., and Tacon A.G. 2002. Methods for determining the physical stability of shrimp feeds in water. Aquaculture Research, 33, 369-377.
- Obaldo, L. 2002. Feed Texture Potencial Quality Control Method. Global Aquaculture Advocate, 5: 58-59.
- Obaldo, L.G., Masuda, R. 2006. Effect of Diet Size on Feeding Behavior and Growth of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Aquaculture 18(1), pp---
- Palaniswamy, R. and S.A. Ali, 1991. The impact of particle size of ingredients in compounded diets on pellet stability and performance in *Penaeus indicus* H. Milne Edwards, J. Aqua. Trop. 6:119-127.
- Peña-Ortega L.O. 2002. Tesis: Análisis del Efecto de la Inclusión del Alga *Macrocyctis pyrifera* (L.) C. Agardh, en Alimentos Comerciales para el Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei* Bonne.
- Pichon, J. (1988). Porc Magazine 206, 64.
- Piedad-Pascual, F. y A. Sumalangcay. 1981. Gum Arabic, Carrageenan of Varios Types and Sago Palm Starch as Binders in Prawn. Quaterly Research Report, Volumen 1, 1978. SEAFDEC Aquaculture Department, Tigbauan Phillipines. Pp 11-15.
- Pomeranz Y., (1991). Functional properties of food components, 2nd. Edition. Academic Press. Inc. 569p.
- Reuscher, D. 2006. Particle size reduction for animal feeds. In Feed Tecnology: Technical report series, American Soybean Association, International Marketing SoutheastAsia. <http://www.ussoyexports.org/resources/library/feedtechnology.pdf> 24-33.
- Rolfe L.A., Huff H.E. and Hsieh F., 2000. The effect of processing conditions on the quality of extruded catfish feed. Transactions of the ASAE, 43(6): 1737-1743.
- Ronald-Kennedy, L., Muñoz-Ramírez, A.P., Guerrero-Alvarado, C.E., Portella, M.C., Carneiro, D.J., 2003. Efecto del diámetro del pellet en la supervivencia y crecimiento de juveniles de Trairao (*Hoplias lacerdae*). CIVA 2003 (<http://www.civa2003.org>), 287-294.
- Ricque-Marie, D., Peña-Rodríguez, A., Tapia-Salazar, M.G., Villarreal-Cavazos, D., Guajardo-Barbosa, C., Cruz-Suárez, L.E. and Locatelli, M.L. 2006. Effect of pre-prandial nutrient leaching in sea water and different binders on apparent amino acid digestibility coefficients of a practical diet in *Litopenaeus vannamei* shrimp juveniles. Aquafeed International (in press).

L. Elizabeth Cruz-Suarez*, Perla Patricia Ruiz-Díaz, Estrella Cota-Cerecer, Martha G. Nieto-Lopez, Claudio Guajardo-Barbosa, Mireya Tapia-Salazar, David Villarreal-Cavazos, y Denis Ricque-Marie. 2006. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

- Robertson, L., Lawrence, A.L. y F.L. Castille, 1993. Effect of Feeding Frequency and Feeding Time on Growth of *Penaeus vannamei*. Aquaculture and Fisheries Management. Vol 24. Pp 1-6.
- Romero-Álvarez M.R. 1995. Tesis Efecto de la Temperatura, Salinidad y Tiempo de Inmersión sobre la Estabilidad de Tres Alimentos Peletizados para Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Ruiz-Díaz, P.P. Ricque-Marie, D.D., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M., Mendoza-Cano, J.F., Cruz-Suárez, L.E., 2004 a. Características físico-químicas de alimentos comerciales para camarón utilizados en México en 2004. Resumen de poster en Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 de Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México. pp. 88
- Ruiz-Díaz P.P., Ricque-Marie, D., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M., y Cruz-Suárez, L.E., 2004 b. Pérdidas por lixiviación de materia seca y de proteína (nx6.25) en 4 alimentos comerciales para camarón colectados a lo largo de un ciclo de producción en 2004. Resumen de poster en Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 de Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México. pp. 88
- Ruiz-Díaz, P.P., Ricque-Marie, D., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M., Cruz-Suárez, L.E., 2004 c. Evaluación de la Variación de Algunos Parámetros Físico-Químicos de 4 Alimentos Comerciales para Camarón Colectados en Granjas de Sinaloa a lo Largo del Ciclo 2004. Resumen de poster en Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre de 2004. Hermosillo, Sonora. pp. 88
- Ruiz-Díaz, P.P., 2006. Evaluación de parámetros físico químicos de alimentos comerciales para camarón utilizados en granjas seleccionadas de Sinaloa con antecedentes de virus de mancha blanca en el ciclo de producción Febrero-Junio de 2004. Tesis de licenciatura en Biología. En prensa.
- Skoch, E.R., S.F. Binder, C.W. Deyoe, G.L. Allee, and K.C. Behnke. 1983. Effects of peleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. J. Anim. Sci. 57:922.
- Smith, D.M., Tabrett, S.J., 2004. Accurate measurement of *in vivo* digestibility of shrimp feeds. Aquaculture 232, 563-580.
- Stradmeyer L., Metcalfe N.B., Thorpe J.E. 1988. Effect of food pelet shape and texture on the feeding response of juvenile Atlantic Salmon. Aquaculture. 73, 217-228.
- Suresh, A.V., Murthy, H.S. y J. Robinson. 2004. Replacement of Wheat Gluten by Synthetic Binder in Shrimp Feeds. Abstract Book. Aquaculture 2004. Aquaculture ~ An Ecologically Sustainable and Profitable Venture. Honolulu, Hawaii, USA. 1-5 de Marzo de 2004. Pp 567.
- Suárez-García, H.A. 2006. Efecto de la inclusión de alginato y harinas de algas *Sargassum sp* y *Macrocystis pyrifera* sobre la estabilidad en agua y digestibilidad y digestibilidad del alimento, y sobre el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Licenciado en Ciencia de los Alimentos.
- Sveier H., Wathne, E., Lied, E., 1999. Growth, feed and nutrient utilization and gastrointestinal evacuation time in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): the effect of dietary fish meal particle size and protein concentration. Aquaculture 180, 265-282.
- Tabachek, J.L., 1988. The effect of feed particle size on the growth and feed efficiency of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). Aquaculture 71(4), 319-330.
- Tacon, A.G.J. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp- A training manual 2. Nutrient Sources and Composition. FAO. Project GCP/RLA/075/ITA. Field Document No. 5/E, Septiembre de 1987. Brasilia, Brasil, Pp 106-108.
- Tacon, A.G.J. 1989. Nutrición de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Aditivos Alimenticios. FAO. Proyecto GCP/RLA/102ITA. Documento de Campo No. 4. Brasilia, Brasil. Pp 288-292.
- Tecator, 1983. Determination Fat Extraction on Feeds. Soxtec System HT2. Application Note AN 67/83 (1983.06.03). Manual, Tecator, Sweden.
- Tecator, 1987. Determination of Kjeldahl Nitrogen Content with Kjeltac System 1026. Application Note AN 86/87 (1987.02.18) Kjeltac 1026 Manual, Tecator, Sweden.
- Thomas, M. and van der Poel, A.F.B., 1996. Physical quality of peleted animal feed. 1. Criteria for pelet quality. Anim. Feed Sci. Tech., 61: 89-112.
- Viola, S. Gur, N. y G. Zohar. 1986. Effects of Peleting Temperature, Binders and Basic Grains on Water-Stability of Pellets and on Growth of Tilapia. Bamidgeh, 39:19-26.

- Waldroup, P. W. Particle size of cereal grains and its significance in poultry nutrition. http://www.asasea.com/po34_97.html.
- Wankowski, J.W.J., 1979. The role of food particle size in the growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal Fish Biology* 14(4), 351-370.
- Wenger Manufacturing Inc. 2000. Piece Density Measurement for Sinking Aquatic Feeds. Practical Short Course In Aquaculture Feed Preparation Nutrition and Feed Management. August 27- September 1, 2000. Editors: Riaz, M.N., Gatlin II, D.M., Barron, M.E. Food Protein Research and Development Center. Texas A&M. U.S.A.
- Whitney, M., The Effect of Corn Particle Size on Various Phases of Production. University of Minnesota Extension Service. <http://www.extension.umn.edu/swine/components/pubs/ParticleSize.pdf>.
- Winowiski, T. S., pelet quality in animal feeds. http://www.asasea.com/f21_95.html
- Woods, J.F. 1987. The functional properties of feed raw materials and their effect on the production and quality of feed pellets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 18:1.
- Zhu, S., Chen, S., Ardí, R. W., Barrows, F. T. 2001. Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) to feeds of different ingredient particle sizes. *Aquaculture Research* 32 (11), 885.