

## **Determinación de la Calidad Nutricional de Suero Costeño y Queso Costeño de Cabra usando Ratas Wistar (*Rattus norvegicus*)**

**Diofanor Acevedo, Jesús D. Martínez y Eduardo L. Gomes**

Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA), Avenida el Consulado, Calle 30 No. 48-152. Cartagena, Bolívar-Colombia (e-mail: diofanor3000@gmail.com)

*Recibido Jun. 13, 2017; Aceptado Ago. 18, 2017; Versión final Nov. 14, 2017, Publicado Abr. 2018*

---

### **Resumen**

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad nutricional de suero costeño y queso costeño de cabra usando ratas Wistar como sujetos de análisis. Se realizó un diseño unifactorial usando tres contenidos grasos para ambos productos (3.75 %, 4.00 % y 4.25 %). Los dos derivados que obtuvieron mejores características reológicas (suero costeño), texturales (queso costeño) y sensoriales, se utilizaron para determinar la calidad nutricional usando las ratas. Entre estos parámetros se determinó el coeficiente de eficiencia proteica (PER), la digestibilidad verdadera (DV), la utilización neta de las proteínas (NPU) y el valor biológico (VB). Se evidenció que el PER, NPU, DV y VB fue mayor en el suero costeño. También, se observó un incremento de peso mayor en las ratas alimentadas con suero costeño en comparación con el queso costeño y el alimento libre de proteína (control). Esto pudo ser debido a que durante la alimentación las ratas tendían a consumir más suero costeño, que era su alimento preferido.

*Palabras claves: coeficiente de eficiencia proteínica; digestibilidad verdadera; proteínas; aminoácidos; queso costeño*

## **Determination of the Nutritional Quality of Coastal Whey and Coastal Goat Cheese using Wistar Rats (*Rattus norvegicus*)**

### **Abstract**

The objective of this research was to determine the nutritional quality of coastal whey and goat coastal cheese employing Wistar rats as the subjects of analysis. An unifactorial design was carried out, varying the fat content for both products (3.75 %, 4.00 % and 4.25 %). The two preparations that obtained the best rheological (coastal whey), textural (coastal cheese) and sensory characteristics were used to determine nutritional quality. Among these parameters the following were determined in the rats: the protein efficiency coefficient (PER), the true digestibility (DV), the net protein utilization (NPU) and the biological value (VB). It was evidenced that PER, NPU, DV and VB were higher in coastal whey. Greater weight gain was also observed in the costal whey fed rats compared to coastal cheese and protein-free feed (control). This could be due to the fact that during feeding the rats tended to consume more coastal whey, being their preferred food.

*Keywords: coefficient of protein efficiency; true digestibility; proteins; amino acids; coastal cheese*

## INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia creciente en todo el mundo por el consumo de productos derivados de la leche de cabra, debido a sus propiedades sensoriales y nutricionales (Park et al., 2007 y Schirru et al., 2012). La contribución de la leche de cabra a las economías locales y la nutrición de ciertas poblaciones es indiscutible en varios países, especialmente en ciertas regiones del Mediterráneo, Oriente Medio, Europa Oriental y América del Sur (Ribeiro y Ribeiro, 2010). Debido a su peculiar sabor y propiedades nutricionales y su reconocimiento como alimento sano, la leche de cabra ha recibido atención de los investigadores y la industria láctea como alimento funcional potencial, ya que tiene una fuente natural de oligosacáridos derivados de la lactosa, presenta una composición lipídica más saludable, con una mayor concentración de ácidos grasos conjugados y cortos que la leche de vaca, y mayor vitamina A y complejo B que esta última, lo que significa que puede proporcionar un beneficio para la salud más allá de su valor nutricional (Do Egypto et al., 2013). Uno de los derivados lácteos más importante es el suero costeño, un producto autóctono fermentado de la costa caribe, que se prepara tradicionalmente en esa zona en particular. Está compuesto por una matriz sólida y una fase líquida que proporciona a la estructura total un elemento viscoso. Este arreglo muestra un comportamiento reológico viscoelástico (Acevedo et al., 2010). Además representa un alimento muy apreciado por su valor nutritivo, siendo su consumo alto en la Costa. Contiene un alto porcentaje de nutrientes esenciales como proteínas, ácidos grasos, minerales y vitaminas (Tirado et al., 2017; Acevedo et al., 2014). Los valores nutricionales difieren sustancialmente dependiendo de la composición de aminoácidos y su digestibilidad. De hecho, este beneficio nutricional de la calidad de las proteínas estructuralmente es diferente y variable y se rige por la formación y relación, también por la susceptibilidad a la hidrólisis durante la digestión, a la pureza y los efectos de procesamiento. La evaluación de la calidad de la proteína es una medida de la biodisponibilidad y un medio para determinar la capacidad y las dietas de los alimentos, con el propósito de satisfacer las demandas metabólicas de aminoácidos y nitrógeno cuando se alimenta como fuente única o principal (Sung-Wook et al., 2015).

La calidad proteínica nutricional, expresada como relación de eficiencia proteica (PER), digestibilidad verdadera de las proteínas, valor biológico (VB) y utilización neta de las proteínas (NPU), es generalmente evaluado en ratas usando proteínas lácteas como referencia proteínica para la calidad biológica de las fórmulas infantiles. El PER más alto de las dietas adaptadas al suero de leche ha demostrado su calidad proteínica superior en comparación con las dietas de caseína. Además del PER, la DV es una variable importante al considerar la adecuación nutricional de una fuente de proteínas. La NPU calculada a partir de un balance completo de nitrógeno y corregida por nitrógeno endógeno, ha sido mayor para dietas adaptadas al suero de leche en comparación con las dietas de caseínas. Del mismo modo, los resultados del valor biológico han demostrado una calidad nutricional proteica superior a las dietas adaptadas al suero de leche. Además, Van Dael *et al.*, (2005) no observaron ninguna diferencia para NPU o BV entre las dietas de caseína o entre las dos dietas adaptadas al suero de leche. Todos los marcadores de calidad proteica nutricional indicaron que la sustitución de la caseína por proteínas de suero de leche mejoraba la calidad proteica. Uno de los métodos para evaluar la calidad es el coeficiente de eficiencia proteínica (PER), el cual determina la efectividad de una proteína a través de la medición del crecimiento animal. Esta técnica requiere alimentar a las ratas con una biomolécula de prueba y luego medir la ganancia de peso en gramos por gramo de la misma consumida. El PER fue el primer método adoptado para la evaluación rutinaria de la calidad de la proteína de los alimentos. Es un método estandarizado (AOAC, 2000), que involucra la alimentación de una dieta de prueba y una dieta control a ratas destetadas durante un período de cuatro semanas, el cual se calcula dividiendo el aumento de peso por la cantidad de alimento consumido. Además del PER, también se utiliza NPU que es un ensayo de dos dosis (es decir, la proteína de prueba y un nivel de proteína cero), el método de NPU supera la mayor debilidad en el ensayo de PER por la adición de la pérdida de peso de las ratas alimentadas con una dieta sin proteínas para el aumento de peso de las ratas alimentadas con la proteína de prueba (Bender y Doell, 1957).

Sin embargo, se debe asumir que la proteína requerida para prevenir la pérdida de peso de ratas alimentadas con la dieta no proteica es equivalente a la proteína necesaria para la alimentación. Además, la escala para la NPU de la proteína de prueba expresada en relación con un valor de 100 para NPU de la proteína de referencia es de 1 a 100 como es para el valor biológico (BV = proporción de nitrógeno absorbido que se retiene para el mantenimiento Y / o el crecimiento) y la utilización neta de proteínas (NPU = la proporción de la ingesta de nitrógeno que se retiene, es decir, el producto de BV y la digestibilidad de proteínas) (Bender y Doell, 1957). Por otra parte, los factores políticos, sociales, culturales, religiosos y el acceso a alimentos y el desconocimiento de la alimentación conllevan a diseñar nuevas estrategias para fortalecer la dieta de la población infantil. Hoy en día se utilizan animales como la rata y el ratón para simular una gran parte de los procesos bioquímicos debido a que son muy parecidos al hombre, permitiendo manipular diferentes variables. El alcance de esta investigación fue determinar la calidad nutricional de suero costeño y queso costeño de cabra usando ratas Wistar (*Rattus norvegicus*). La leche de cabra fue caracterizada y estandarizada hasta los porcentajes indicados. Luego se realizó análisis reológico a los

diferentes sueros costeños y perfil de textura a los distintos quesos costeños; además se empleó un análisis sensorial con el propósito de seleccionar los mejores. Los dos derivados que obtuvieron mejores características reológicas y texturales se utilizaron para determinar la calidad nutricional; entre ellos el cómputo químico, coeficiente de eficiencia proteica, digestibilidad verdadera, utilización neta de las proteínas y el valor biológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se presentan los materiales y métodos utilizados, desde la obtención de la materia prima, sus condiciones experimentales, hasta los respectivos cálculos matemáticos.

### *Obtención de materia prima*

La leche de cabra fue recolectada de tres fincas ubicadas en Achí, Sur del departamento de Bolívar. Allí fue envasada en dos recipientes plásticos con capacidad de 20 L previamente desinfectados, y mantenidos en enfriamiento a 4°C hasta su análisis. Para definir los porcentajes de grasa a utilizar, primero se realizó un diseño factorial 2<sup>2</sup> y se seleccionaron los mejores tratamientos. Seguidamente se elaboraron dos derivados lácteos: suero costeño y queso costeño, variando el contenido graso a valores bajo (3,75 %), medio (4,0 %) y alto (4,25 %) para estos productos. A los tratamientos obtenidos se les realizó análisis de perfil de textura (para queso costeño), caracterización reológica (suero costeño) y análisis sensorial a ambos, siendo la mejor formulación un contenido graso de 4 %. Los sueros costeños y quesos costeños a partir de leche de cabra con diferente contenido graso se tomaron los que mejor características sensoriales, reológicas (para suero costeño) y textura (para el queso costeño) tuvieron; para determinar su calidad nutricional.

### *Condiciones experimentales*

Se usaron ratas machos y hembras de tres semanas de edad (peso corporal inicial (120,05±5,5g) para medir la relación de eficiencia proteica (PER), la proporción de proteínas netas (NPR), el valor biológico (VB) y la utilización neta de las proteínas (NPU). Se dividieron aleatoriamente en tres grupos diferentes (control: dieta libre de proteína, dieta con suero costeño y dieta con queso costeño). Diariamente, se suministraba entre 20g y 25g de cada alimento. Además de la dieta, los animales tomaban agua y se cambiaba todos los días por medidas de aseo. Se alojaron individualmente en jaulas metabólicas con instalaciones adecuadas para la recogida fecal y urinaria por separado y se mantuvieron 12h en habitaciones iluminadas y 12h en oscuridad, a una temperatura de 28°C. Todos los experimentos y procedimientos con animales se ajustaron a los protocolos aprobados por los comités institucionales de cuidado y uso de animales, Ley 1774 de 2016. Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio del Grupo de Investigación NUSCA de la Universidad de Cartagena.

### *Diseño experimental y análisis estadístico*

Para la elaboración de queso y suero costeño se empleó un diseño unifactorial completamente al azar con tres (3) niveles para el porcentaje de grasa de la leche a utilizar (3,75 %; 4,0 % y 4,25 %). Los análisis se realizaron por triplicado, expresados con su media y respectiva desviación estándar. El análisis estadístico se llevó a cabo a través del paquete de software estadístico Statgraphics Centurion XV Versión 15.2.11. Se empleó una estadística descriptiva determinando el valor medio y la desviación estándar para cada parámetro evaluado, y un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias ( $p < 0,05$ ); y el test HSD Tukey cuando se observaron diferencias significativas.

### *Elaboración de suero y queso costeño*

Se utilizó leche cruda estandarizada con un contenido graso de 3,75 %; 4,0 % y 4,25 %. Luego se homogenizó. Seguidamente se pasterizó a una temperatura de 63 °C por un periodo de 30 min. Consecutivamente la leche pasteurizada se llevó a una temperatura de 35 °C y su pH se ajustó a un valor de 5,2 con la adición de suero ácido. Una vez ajustado el pH, se agregó el cultivo iniciador *Lactococcus lactis* Subs. *Lactis* a una concentración del inóculo del 3,5 % y se incubó por un tiempo de 12 h, al finalizar se filtró, se separó la parte líquida o suero de leche, de la fase semisólida (suero costeño) o coagulo, esta parte semisólida se le añadió cloruro de sodio al 1,2 % p/v para darle consistencia y sabor al producto. Posteriormente se envasó en botellas de vidrio herméticas de 500 mL transparentes y se almacenó a 4 °C por 24 h (Acevedo et al., 2014). Para la elaboración de queso costeño se utilizó leche de cabra estandarizada con un contenido de grasa de 3,75 %; 4,0 % y 4,25 % de grasa siguiendo la metodología de Chams-Chams (2013), que consistió en estandarizar el contenido graso, después se adicionó el cuajo MARSHALL M-50 (Fuerza 1:50) y se dejó en reposo durante 30 min hasta completarse la coagulación.

Luego se hizo el corte y tratamiento de la cuajada, seguido de un desuerado y salado al 2%. Posteriormente se moldeó, prensó, empacó y se almacenó en bolsas ziploc a 4°C durante los análisis de estudio. La leche de cabra fue caracterizada y estandarizada hasta los porcentajes indicados. Luego se realizó análisis reológico a los diferentes sueros costeños y perfil de textura a los distintos quesos costeños; además se empleó un análisis sensorial con el propósito de seleccionar los mejores. Los dos derivados que obtuvieron mejores características reológicas y texturales se utilizaron para determinar la calidad nutricional; entre ellos el cómputo químico, coeficiente de eficiencia proteica, digestibilidad verdadera, utilización neta de las proteínas y el valor biológico.

#### *Determinación de aminoácidos*

Para la determinación de los aminoácidos se llevaron a cabo los siguientes procedimientos: preparación de patrones, hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, solución muestra de trabajo, procedimiento de derivatización y parámetros del sistema cromatográfico.

#### *Preparación de patrones*

Solución madre de aminoácidos individuales; se pesó por separado una muestra de cada aminoácido equi-valente a 2 mM respectivamente, se transfirió a un matraz aforado de 10 mL, se diluyó y se llevó a volumen con ácido acético 30 mM, después cada una de las soluciones se transfirió a un vial color ámbar y se selló bajo una atmósfera de nitrógeno. Solución patrón de trabajo de aminoácidos individuales; a partir de cada solución patrón intermedia se preparó una solución 20 µM, utilizando ácido acético 30 mM como diluyente.

#### *Hidrólisis ácida*

Se pesó 3 g de muestra en un balón y se adicionaron 50 mL de ácido clorhídrico 6 M y se calentó a reflujo por 24 h, en un manto de calentamiento.

#### *Hidrólisis alcalina*

Se pesó 3 g de muestra en un balón y se adicionaron 50 mL de una solución saturada de hidróxido de bario, se colocó a reflujo por 8 h en un manto de calentamiento (Comai et al., 2007). Una vez terminadas ambas hidrólisis, se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, luego se agregaron en tubos cónicos de centrifuga y se centrifugaron por 15 min a 3000 rpm. El sobrenadante se conservó en cámara fría a  $5 \pm 1^\circ$  C, hasta el momento de realizar el análisis por HPLC.

#### *Solución muestra de trabajo*

Se tomó 1 mL de muestra ultrafiltrada y se transfirió a un matraz aforado de 10 mL, se diluyó y llevó a volumen con ácido acético 30 mM, bajo una atmósfera de gas nitrógeno.

#### *Procedimiento de derivatización*

Se transfirió 100 µL de la solución a ensayar a un vial, bajo atmósfera de nitrógeno, luego se adicionó 200 µL del reactivo OPA (formulado como: o-ftaldialdehido, Brij 35, metanol, 2-mercaptoetanol y tetraborato de potasio, ajustado a pH 10,4) y exactamente 1 min después, se adicionó 500 µL de una solución buffer 0,4 M de tetraborato de sodio ajustada a pH 10, inmediatamente se selló, agitó e inyectó en el cromatógrafo.

#### *Parámetros del sistema cromatográfico*

Fase móvil: (A) solución 50 mM de fosfato monosódico ajustado a pH 7,2 y (B) metanol - buffer fosfato (70:30, v/v). Flujo: 2 mL/min. Temperatura de la columna: ambiente (20°C). Volumen de inyección: 10 µL. Detector: Fluorescencia, filtro 1,5 y atenuación 16 x 100. Detección: excitación 340 nm y emisión 455 nm. Gradiente (T - %B - curva): (0-10-cóncava); (35- 65-cóncava); (45-90-convexa).

#### *Determinación de la calidad nutricional*

Para determinar la calidad nutricional se realizaron los siguientes análisis: cálculo del cómputo químico, Relación de Eficiencia Proteica (PER), Digestibilidad Verdadera (DV), Utilización Neta de las Proteínas (NPU) y Valor biológico (VB).

### Cómputo químico

Este se basa en la determinación de los aminoácidos esenciales del alimento de estudio, y su comparación con un patrón de referencia, que por lo general es la proteína del huevo; cuando no hay déficit de ningún aminoácido se dice que el cómputo químico es de 100 %, y equivaldría al de una proteína ideal, por el contrario si una proteína es carente de un aminoácido esencial su cómputo químico es cero (FAO, 2010). Este estudio se enfocó en los aminoácidos esenciales, específicamente de los limitantes, que son: Lisina, Metionina+ Cistina, Treonina y Triptófano (Gilani et al., 2012). Se calculó a través de la Ecuación 1 (FAO, 2010).

$$\frac{A_x E_e}{A_e E_x} \quad (1)$$

Dónde: Ae = Aminoácido en una unidad de peso del huevo, Ax = Aminoácido en una unidad de peso de alimento, Ee = Total de aminoácidos esenciales en una unidad de peso del huevo, Ex = Total de aminoácidos esenciales en una unidad de peso de alimento (FAO, 2010).

### Relación de Eficiencia Proteica (PER)

Es más conocida como PER (protein efficiency ratio), es el método más simple de evaluar el valor nutritivo de una proteína, mide la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con una dieta sometida a prueba y relaciona el peso ganado en gramos con la proteína ingerida en gramos (FAO, 2010), Ecuación 2.

$$PER = \frac{\text{Aumento de peso (g)}}{\text{Consumo (g)} * \% \text{proteína}} \quad (2)$$

Se utilizaron 10 ratas de laboratorio, colocadas en jaulas individuales y se les dio suero y queso costeño de leche de cabra, se registró el peso corporal de cada rata el primer día y luego cada seis días hasta el final del periodo de ensayo, el cual fue de 30 días.

### Digestibilidad Verdadera (DV)

Se utilizaron 10 ratas, se recolectaron las heces, fueron secadas y trituradas para determinar el contenido de nitrógeno. La DV se calculó empleando la Ecuación 3:

$$DV = \frac{\text{Consumo de N} - (\text{N fecal} - \text{N fecal metabólico})}{\text{Consumo de N}} \quad (3)$$

El consumo de N se halló multiplicando el contenido de N (%) por el consumo de alimento (g). El N fecal se halló multiplicando el contenido de nitrógeno (%) por la cantidad (g) de heces. El N fecal metabólico se estimó determinando la cantidad de nitrógeno fecal excretado cuando el animal este consumiendo una dieta libre de proteína (FAO, 2010).

### Utilización Neta de las Proteínas (NPU)

Se emplearon cinco ratas machos y cinco ratas hembras, se registraron los pesos y el consumo de alimento. Al final de los 15 días del ensayo se sacrificaron los animales con cloroformo y se secó la carcasa para luego molerla y determinar el contenido de nitrógeno, además se tuvieron en cuenta las recomendaciones por Botero y Gómez (2013). El valor de NPU se calculó con la Ecuación 4.

$$NPU = \frac{N \text{ muestra} - N \text{ conocido}}{\text{Ingesta de N}} \quad (4)$$

Dónde: N Muestra = Contenido de N corporal con la proteína a probar; N Conocido = Contenido de N corporal con dieta libre N (FAO, 2010).

### Valor biológico (VB)

Este parámetro se calculó a partir de la Ecuación 5:

$$VB = \frac{NPU}{DV} \quad (5)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cómputo químico es la cantidad de un aminoácido esencial que contiene una proteína en relación a la cantidad de ese mismo aminoácido en una proteína de referencia. Se observa que la determinación del cómputo químico en el queso costeño para los aminoácidos metionina, isoleucina y leucina fue mayor; en cambio en el suero, la cisteína, treonina, triptófano, valina y alanina fueron superiores al queso (Tabla 1). Para el caso del suero, cuando la leche se acidifica se modifican las propiedades fisicoquímicas de las micelas de caseína. Si el pH disminuye, el fosfato coloidal se disuelve, produciendo una desestabilización y liberación de las caseínas al medio (Fox y McSweeney, 2004). Analizando los resultados en el queso costeño, Pappa et al., (2008) reportaron que los quesos que fabricaron con diferentes tipos de leche, la concentración de aminoácidos mostró una clara tendencia al aumentar con el tiempo de maduración, debido a que durante la proteólisis, estos compuestos son liberados por agentes proteolíticos.

Tabla 1: Determinación del cómputo químico de aminoácidos esenciales

Aminoácidos esenciales	Computo químico (%)	
	Queso costeño	Suero costeño
Lisina	0,04	0,05
Metionina	2,43	2,24
Cistina	0,87	1,17
Treonina	0,97	1,66
Triptófano	6,60	8,16
Histidina	0,00	0,00
Valina	0,25	0,31
Fenilalanina	0,00	0,00
Isoleucina	1,92	1,67
Leucina	0,99	0,94
Alanina	0,31	0,54

En la Tabla 2 se evidencia que el PER, NPU, DV y VB fue mayor en el suero costeño de cabra; se observó un incremento mayor en peso en los ratones alimentados con suero costeño en comparación con el queso costeño y el alimento libre de proteína (control), esto pudo ser debido a que durante la alimentación los ratones tendían a consumir más suero costeño que queso costeño, puesto que el primero al ser un producto semilíquido fue muy apetecido por los ratones. También se percibió que la aceptación del consumo de estos dos derivados lácteos no fue aceptada durante los primeros días, pero lo consumían por sentirse fatigados; sin embargo, el queso costeño fue el alimento que más rechazaron los ratones, llegando a consumir 12 g/día. Estudios realizados por Haraguchi et al., (2010) revelaron que la dieta de la AOAC con un 100% de sustitución de proteína de suero de leche comercial generó mayor valor de NPU y PER. La dieta de suero de leche tuvo mejor digestibilidad verdadera (DV) que las dietas con caseína y las dietas suero: caseína. Su mayor DV podría haber afectado positivamente a la utilización de proteína para el crecimiento. Estas diferencias fueron observadas por Fossum (1973), quien encontró valores más altos de PER y DV para el suero de leche que para la caseína, principalmente cuando obtuvieron suero de leche (SL) por ultrafiltración en lugar de filtración. Sin embargo, la composición del SL utilizada por estos autores fue una mezcla de SL concentrado y de aislado de proteína de SL, que puede explicar los mejores valores de PER y DV. Haciendo un estudio comparativo de calidad proteínica-nutricional de suero de leche y caseína, se han reportado diferentes datos. Borges *et al.*, (2001) no encontraron diferencias en la utilización neta de proteínas y digestibilidad real entre estas proteínas. Por su parte, Balasubramanga et al., (1984) encontraron que el yoyur tenía un valor biológico y PER significativamente superior que la leche concentrada cuando se evaluó a diferentes concentraciones de proteína. Van Dael et al., (2005) encontraron valores más altos de PER, utilización neta de proteínas, y valor biológico, que las dietas con SL comparadas con dietas de caseínas (C). Estos autores reportaron que no hubo diferencias en la ingestión de alimentos y proteínas entre los grupos de la dieta con C, SL y el grupo C : SL. Además, estos últimos mostraron un aumento de peso similar, diferentes a los del grupo de C.

Durante el primer ensayo de adaptación, los ratones bajaron de peso por no consumir los nutrientes necesarios y varios se debilitaron, llevando a repetir el estudio nuevamente. Los que consumieron los productos incrementaron su peso rápidamente, debido a que este producto es rico en proteínas y grasa; en cambio, el control mantuvo un peso poco acelerado, llegando a perder masa muscular y pelaje al finalizar el ensayo. Asimismo se percibió, que los ratones alimentados con suero costeño y queso costeño de cabra mostraron un comportamiento acelerado, energético e inquieto. Sung-Wook et al., (2015), afirmaron que el

aumento de peso corporal en ratones fue mayor en el grupo aislado de proteína de suero (WPI), seguida de caseína, proteína de salvado de arroz (RBP), proteína de endosperma de arroz (REP) y proteína de soja aislada (ISP). No hubo diferencias en el consumo de estos alimentos entre grupos distintos de la dieta libre de Nitrógeno. Todas las medidas de eficiencia de utilización fueron mayores en el grupo WPI que en los otros grupos proteicos. El PER y NPU del grupo RBP fueron significativamente más altos que los del grupo de proteína vegetal (REP e ISP) ( $p < 0,05$ ). El RBP mostró el valor más alto de NPU en comparación con ISP, REP y caseína. Por lo tanto, la calidad de la proteína de RBP es mejor que la de REP y ISP, que se usa ampliamente en la nutrición humana y animal como fuente de proteína vegetal. Kotula et al., (1987) también en su investigación sobre la calidad del queso Cheddar liofilizado en comparación con el queso elaborado con adición de caseína, reportaron que en ambos experimentos, que el queso Cheddar tuvo un PER significativamente más alto que los controles de caseína, lo que puede explicar lo obtenido en este estudio.

Tabla 2: Calidad nutricional de queso costeño y suero costeño de cabra

	PER	NPU %	DV %	VB
Suero costeño	2,9	54,6 %	78 %	0,70
Queso costeño	2,2	49,1 %	72 %	0,68
Control	1,8	31,5 %	61 %	0,52

Estudios comparativos sobre la alimentación y el aumento de peso han encontrado, que aunque las dietas de caseína promueven la ingesta aún mayor que las dietas de suero de leche en ratas, el incremento de peso es similar, lo que sugiere diferencias en la proteína de calidad. Dael et al., (2005) afirmaron que la sustitución del 30% de caseína con suero de leche promovió un peso mayor que la dieta con caseína. Además observaron que las ratas que se alimentaron con C, o C : SL (40:60), las dietas no mostraron diferencias en la ingestión de proteínas, pero tuvieron diferentes aumentos de peso ( $75,03 \pm 7,09$ g y  $110,9 \pm 4,8$ g) para la caseína y C : SL, respectivamente después de un tratamiento de tres semanas. Sin embargo la dieta C : SL no afectó los parámetros biológicos de la calidad de la proteína en comparación con el grupo caseína. La pérdida por bloqueo o destrucción de los aminoácidos no es el único daño producido en la proteína. Si así fuera, sería suficiente añadir los aminoácidos perdidos al alimento dañado para recuperar el valor nutritivo. Sin embargo, esto no sucede siempre así. Rao et al., (1963) calentando caseína con glucosa encontraron un descenso en el PER de 2,6 a 0,7; al añadir la lisina y metionina, la recuperación sólo alcanzó un valor de 2,2. También Steinke et al., (1980) usando los procedimientos de la AOAC reportaron un PER bajo de 2,16 para quesos procesados liofilizados.

Una de las razones de mayor PER de queso Cheddar vs caseína, puede deberse a los cambios proteolíticos que ocurrieron durante la cuajada. Durante la progresiva proteólisis en el procesamiento del queso, la paracaseína y algunas de las proteínas menores son compuestos nitrogenados más simples, proteasas, aminoácidos y amoníaco, puesto que los aminoácidos pueden absorberse más rápidamente a partir de péptidos pequeños. Igualmente Rasic (1971) reportó mejor valor nutritivo en las proteínas del yogur, afirmando que se debió a la degradación proteolítica de las proteínas de la leche. Van Soest, (1982), observó que las diferencias en la ingesta alimentaria de las ratas que tomaron las dietas control no fueron significativas, tampoco se apreciaron diferencias en la cantidad de nitrógeno ingerido. La absorción aparente no llegó a modificarse significativamente por el consumo de una u otra dieta, pero se apreció una disminución del nitrógeno fecal en las ratas del grupo control acompañado de un incremento de su digestibilidad. Esta influencia podría relacionarse con un medio luminal relativamente más ácido en la dieta hipergasa debido al aumento de ácidos grasos libres que se originan durante la digestión

Haciendo énfasis en el NPU, se evidencia que hubo mayor absorción de nitrógeno en la dieta de los ratones del suero costeño, debido a que fue el alimento que más consumieron los ratones, aportando mayor contenido de nitrógeno en la dieta. Estudios reportados por Coruno y Montalvo (1994) sobre la calidad de quesos mexicanos, indicaron que la baja retención y utilización de nitrógeno es debido a que la proteína se presenta sin tratamientos posteriores, llevando a que haya menos aminoácidos libres y que se produzca poca retención de nitrógeno. Beadles et al., (1983) encontraron que la digestibilidad de la proteína del queso es inferior a la proteína de la cuajada de la leche. Sin embargo, también afirmaron que la capacidad del queso para promover la ganancia de peso en ratas jóvenes fue mayor en quesos de cuajada de leche. Vuyst et al., (1973), obtuvieron que la composición de aminoácidos, en especial el contenido de lisina disponible de varias variedades de queso dieron resultados altos en el valor biológico de las proteínas del queso (91 % a 97 %). Por el contrario Korolczuk et al., (1977) observaron que los cambios proteolíticos durante la maduración de los tipos de queso Tilsit y Gouda no produjeron diferencias significativas en el valor nutricional en comparación con la caseína y la grasa de la leche fresca. Estos autores reportaron que no encontraron cambios en la utilización neta de las proteínas (NPU) durante la maduración y el almacenamiento, resultando en 75 % y 2,8 % respectivamente.

En la Tabla 3 se detallan los diferentes aminoácidos en suero costeño y queso costeño. Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los aminoácidos asparagina, serina, glicina, treonina, cisteína, alanina, metionina, valina, isoleucina, leucina y triptófano ( $p < 0,05$ ). Para el caso de este último, se evidencia que la concentración de estas moléculas están relacionadas con la tecnología de fabricación (tipo de cuajada, las condiciones de maduración), la duración de la maduración y el grado y tipo de proteólisis; esta es la más compleja y el evento bioquímico más importante durante la maduración (Pappa y Sotirakoglou, 2008).

Investigadores han afirmado que la causa más relevante por la pérdida de nutrientes se debe posiblemente al rompimiento del enlace peptídico de la cadena de aminoácidos por la acción de la pepsina, el cual actúa en una forma no selectiva rompiendo la estructura inicial de la proteína e hidrolizándola por completo en el suero de leche; como resultado de esta reacción se pierden aminoácidos de carácter esencial y no esencial: como isoleucina, leucina, lisina, histidina, arginina y tirosina (Benítez et al., 2008). Asimismo Bertolino et al., (2011) obtuvieron que el ácido glutámico, valina, leucina, fenilalanina y lisina fueron los aminoácidos libres que más se concentraron en queso duro.

Tabla 3: Perfil de aminoácidos de suero y queso costeño de cabra.

Aminoácidos	Suero costeño (mg/L)	Queso costeño (mg/L)
Asparagina	31,62±0,08 <sup>a</sup>	28,68±0,04 <sup>b</sup>
Glutamina	0,18±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,04 <sup>a</sup>
Serina	1,83±0,06 <sup>a</sup>	1,19±0,03 <sup>b</sup>
Glicina	10,22±0,11 <sup>a</sup>	4,45±0,04 <sup>b</sup>
Treonina	5,82±0,05 <sup>a</sup>	9,91±0,03 <sup>b</sup>
Histidina	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>
Cisteína	2,52±0,05 <sup>a</sup>	3,40±0,03 <sup>b</sup>
Alanina	2,16±0,03 <sup>a</sup>	3,74±0,04 <sup>b</sup>
Arginina	1,18±0,06 <sup>a</sup>	1,09±0,06 <sup>a</sup>
Tirosina	0,36±0,08 <sup>a</sup>	0,49±0,06 <sup>a</sup>
Metionina	9,50±0,12 <sup>a</sup>	8,74±0,03 <sup>b</sup>
Valina	1,95±0,04 <sup>a</sup>	2,37±0,04 <sup>b</sup>
Fenilalanina	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>
Isoleucina	13,12±0,12 <sup>a</sup>	11,37±0,04 <sup>b</sup>
Leucina	10,54±0,05 <sup>a</sup>	10,06±0,17 <sup>b</sup>
Lisina	0,41±0,07 <sup>a</sup>	0,48±0,07 <sup>a</sup>
Triptófano	10,05±0,19 <sup>a</sup>	12,40±0,20 <sup>b</sup>
Prolina	11,54±0,07 <sup>a</sup>	6,85±0,08 <sup>b</sup>

La reducción de la calidad proteica es el efecto nutricional más importante sobre un alimento. La calidad proteica puede reducirse durante el procesamiento de los alimentos, tanto a nivel industrial como doméstico, mediante la formación de compuestos de Amadori con la lisina en las etapas tempranas de la reacción. La principal causa de pérdida de valor nutritivo se produce cuando el aminoácido se queda bloqueado y pierde parte de su disponibilidad al no poder ser absorbido por imposibilidad del acceso del enzima al lugar de ataque del aminoácido (Hurrell, 1984). No obstante hay que tener en cuenta que el aminoácido no se destruye, puesto que todavía puede ser recuperado por hidrólisis ácida (Mauron, 1985). Cuando las condiciones del proceso son más severas, la lisina se llega a destruir así como la cistina, histidina, triptófano y metionina (Sarria, 1998). La presencia de aminoácidos libres, aparte de aportar valor nutritivo al queso, les confiere el sabor deseado, la textura y la apariencia.

Los aminoácidos liberados de hecho son precursores para varios aminoácidos no presentes en las caseínas (ácido glutámico por ácido butírico  $\alpha$ - y  $\gamma$ -amino, arginina por ornitina y citrulina), aminas biogénicas (Urbach, 1993) y para compuestos de sabor volátiles (es decir, aldehídos, cetonas, ácidos grasos de cadena corta y alcoholes). Varios autores han informado de valina, leucina, lisina y fenilalanina como los aminoácidos libres más representativas durante todo el período de maduración en diferentes quesos duros y semiduros (Madrau et al., 2006). La lisina es uno de los aminoácidos más abundantes en el final de la maduración del queso y su determinación podría proporcionar una estimación del tiempo de maduración y del valor nutritivo de un queso.



## CONCLUSIONES

Se evidenció que el PER, NPU, DV y VB fue mayor en el suero costeño de cabra; se observó un incremento de peso mayor en los ratones alimentados con este último, en comparación con el queso costeño y el alimento libre de proteína (control). Con respecto al NPU, hubo mayor absorción de nitrógeno en la dieta de los ratones al consumir suero costeño, aportando mayor contenido de nitrógeno en la dieta. También se analizaron diferencias estadísticamente significativas entre los aminoácidos asparagina, serina, glicina, treonina, cisteína, alanina, metionina, valina, isoleucina, leucina y triptófano ( $p < 0,05$ ) de los dos productos lácteos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Cartagena por la aprobación del proyecto titulado “Evaluación de la calidad nutricional, sensorial y microbiológica de leche de cabra y sus derivados en el Departamento de Bolívar”, aprobado en la Séptima convocatoria para la financiación de proyectos de investigación, para grupos de investigación visibles (categorizados o reconocidos) en la plataforma Sienti del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias.

## REFERENCIAS

- Acevedo, D., C. Granados y R. Torres, Caracterización reológica del suero costeño de Turbaco, Arjona, El Carmen de Bolívar y uno comercial (Colombia), *Información Tecnológica*, 25(3), 3-10 (2014)
- Acevedo, D., Rodríguez, A. y A. Fernández, Efecto de las Variables de Proceso sobre la Cinética de Acidificación, la Viabilidad y la Sinéresis del Suero Costeño Colombiano, *Información Tecnológica*, 21, 29–36 (2010)
- AOAC, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International*, 17th Ed. (2000)
- Balasubramanya, N.N., A.M. Natarajan, y R.V. Rao, Studies on the nutritional quality of yogurt, *Cheiron*, 13,2 (1984)
- Beadles, J.R., J.H. Quisenberry, F.I. Nakamura y H.H Mitchell, Effect of the ripening process of cheese on the nutritive value of the protein of milk curd, *Journal of Agricultural Research*, 47, 947 (1933)
- Bender, A.E. y B.H. Doell, Biological evaluation of proteins: a new aspect, *British Journal of Nutrition*, 11(02), 140-148 (1957)
- Benítez, R.A., A. Ibarz y J. Pagan, Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones, *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 42(2), 227-236 (2008)
- Bertolino, M.P., M. Dolci, L. Rolle y G. Zeppa, Evolution of chemico-physical characteristics during manufacture and ripening of Castelmagno PDO cheese in wintertime, *Food Chememical* 129(3), 1001-1011 (2011)
- Borges, P.F.Z., V.C. Sgarbieri, N.F.G.P. Dias, H.B. Jacobucci, M.T.B. Pacheco y V.L.C. Baldini, Produção Piloto de Concentrados de Proteínas de Leite Bovino: Composição e Valor Nutritivo. *Braz. J. Food Technol.*, 52,1–8 (2001)
- Botero, L. y R.M. Gómez, Uso de animales de laboratorio en Colombia: reflexiones sobre aspectos normativos y éticos, *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 60(3), 213-219 (2013)
- Chams-Chams, L.M, Efecto de películas antimicrobianas sobre la supervivencia de Salmonella spp. y Staphylococcus aureus en queso costeño elaborado con diferentes concentraciones de NaCl. Trabajo de Maestría, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia (2013)
- Comai, S., A. Bertazzo, L. Bailoni, M. Zancato, C.V.L. Costa y G., Allegri, The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours, *Food Chemical*, 100, 1350-1355 (2007)
- Do Egypto, R.D.C.R. B.M. Santos, A.M.P. Gomes, M.J. Monteiro, S.M. Teixeira, E.L. De Souza y M.M.E. Pintado, Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats' milk and their mixture, *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 538-544 (2013)
- FAO, Country Pasture/Forage Resource Profiles – Brazil. Food Animal FAOSTAT, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En la web: <http://faostat.fao.org>, acceso 3 de noviembre de 2016 (2010)
- Fosum, E, Nutritional evaluation of whey protein concentrates and their fractions. *Journal of Dairy Science*, 57, 665–670 (1973)
- Fox P.F. and P.L. McSweeney, Cheese: an overview. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, volume 2, Patrick F. Fox, Paul L.H. McSweeney, Timothy M. Cogan and Timothy P. Guine 1, pp. 1-18 (2004)
- Gilani, G.S., Background on international activities on protein quality assessment of foods, *British Journal of Nutrition*, 108(S2), S168-S182 (2012)
- Haraguchi, F.K., M.L. Pedrosa, H. De Paula, R.C. Dos Santos y M.E. Silva, Evaluation of biological and biochemical quality of whey protein, *Journal of medicinal food*, 13(6), 1505-1509 (2010)
- Hurrell, R.F, *Developments in Food Proteins*, 5 edition, 213-244. Elsevier, London, UK (1984)

- Korolczuk, J., I. Kwasniewska, D. Cieslak, W. Szkilladz, A. Luczynska y F. Bijok, Effect of duration of ripening and storage on nutritive value of protein and proteolytic changes in Gouda- and Tilsit-type cheeses, *Roczniki Instytutu Przemysłu Mleczarskiego*, 19(39) (1977)
- Kotula, K.T., J.N. Nikazy, N. McGINNIS, C.M. Lowe y G.M. Briggs, Protein quality of cheddar cheese compared with casein and fabricated cheese in the rat, *Journal of Food Science*, 52(5), 1245-1248 (1987)
- Madrau, M.A., N.P. Mangia, M.A. Murgia, M.G. Sanna, G. Garau, L. Leccis y P. Deiana, Employment of autochthonous microflora in Pecorino Sardo cheese manufacturing and evolution of physicochemical parameters during ripening, *International dairy journal*, 16(8), 876-885 (2006)
- Mauron, J., Influence of processing on protein quality, *Bibliotheca Nutritio Et Dieta*, 24, 56-81 (1985)
- Pappa E.C. y K. Sotirakoglou, Changes of free amino acid content of Teleme cheese made with different types of milk and culture, *Food Chemical*, 111(3), 606-615 (2008)
- Park, Y.W., M. Juárez, M. Ramos y G.F.W. Haenlein, Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk, *Small ruminant research*, 68(1), 88-113 (2007)
- Rao, M.N., H. Sreenivas, M. Swaminathan, K.J. Carpenter y C.B. Morgan, The nutritionally available lysine and methionine of heated casein-glucose mixtures, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(8), 544-550 (1963)
- Rasic, J., T. Stojavljevic y R. Curcic, A study of the amino acids of yogurt. II. Amino acid content and biological value of the proteins of different kinds of yogurt, *Milchwissenschaft*, 26, 219-226 (1971)
- Ribeiro, A.C. y S.D.A. Ribeiro, Specialty products made from goat milk, *Small Ruminant Research*, 89(2), 225-233 (2010)
- Sarria, B., Efectos del tratamiento térmico de fórmulas infantiles y leche de vaca sobre la biodisponibilidad mineral y proteica. Tesis Doctoral. Instituto de nutrición y bromatología, Centro Mixto CSIC-UCM, Universidad Complutense de Madrid (1998)
- Schirru, S., S.D. Todorov, L. Favaro, N.P. Mangia, M. Basaglia, S. Casella y P. Deiana, Sardinian goat's milk as source of bacteriocinogenic potential protective cultures, *Food Control*, 25(1), 309-320 (2012)
- Steinke, F.H., E.E. Prescher y D.T. Hopkins, Nutritional evaluation (PER) of isolated soybean protein and combinations of food proteins, *Journal Food Science*, 45(2), 323-327 (1980)
- Sung-Wook, H., C. Kyu-Man, Ch. Seong-Jun, Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein, *Food chemistry*, 172, 766-769 (2015)
- Tirado, D.F., A. Vertel-Gallego, J. Lora-Sanchez, L.A., Gallo-García, D. Acevedo, R. Torres-Gallo, Rheological properties of Colombian-Caribbean-coast sour cream from goat milk. Doi:10.1111/ijfs.13562. *International Journal of Food Science and Technology*, (2017)
- Urbach, G., Relations between cheese flavour and chemical composition, *International Dairy Journal*, 3(4-6), 389-422 (1993)
- Van Dael, P., P. Kastenmayer, J. Clough, A.R. Jarret, D.V. Barcla y J.C. Maire, Substitution of casein by  $\beta$ -casein or of whey protein isolate by  $\alpha$ -lactalbumin does not affect mineral balance in growing rats. *The Journal of nutrition*, 135(6), 1438-1443 (2005)
- Van Soest, P.J., "Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers", O & B Books (1982)
- Vuyst, A., W. De Vervack, M. Vanbelle y M. Foulon, La composition en acides aminés de quelques fromages courants. *Lait Nov, Memoires Originaux*, 6, 625-635 (1973)