

Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Vargas, Edgar Mauricio; Gómez, Clara Juliana; Parra, Mónica Eliana; Romero, María Alexandra
PRODUCCIÓN DE MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS COMO ADITIVO PARA ALIMENTOS
CONCENTRADOS PARA GANADO VACUNO (SEGUNDA PARTE)

Revista de Ingeniería, núm. 20, noviembre, 2004, pp. 23-33

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014220003>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PRODUCCIÓN DE MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS COMO
ADITIVO PARA ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA GANADO
VACUNO (SEGUNDA PARTE)

Edgar Mauricio Vargas*, Clara Juliana Gómez, Mónica Eliana Parra**, María Alexandra Romero ****

R E S U M E N Por años, las industrias y los laboratorios de investigación han buscado las aplicaciones de los organismos probióticos en animales. El uso de los probióticos como alternativa natural para mejorar el funcionamiento del metabolismo animal; ha demostrado resultados muy interesantes. Modernas granjas utilizan dietas alimenticias (a base probióticos) que disminuyen el estrés, aumentan la microflora intestinal, lo que conlleva al animal a aumentar su resistencia a las infecciones (sistema inmunológico). Mejorar la salud animal, rendimiento en peso y funcionamiento metabólico, ha sido siempre la meta para los productores de ganado de carne y leche. Por esta razón el actual estudio fue concebido para evaluar el microencapsulamiento de microorganismos probióticos (*Lactobacillus Thuringensis* y *Bifidobacterium Pseudulongum*) por los métodos de Emulsión y Extrusión, para obtener un alimento para levante de becerros, que ofrecería no solamente las ventajas de un suplemento de la alta calidad, sino también un producto con las ventajas de tener probióticos incorporados.

A B S T R A C T For years, industries and research labs have investigated probiotics for nonhuman applications. The use of probiotics as an alternative natural way of enhancing animal performance has shown promising results. Modern farm methods which include rearing conditions and diets induce stress and cause changes in the composition of the microflora, which compromises the animal's resistance to infection. The aim of the probiotic approach is to repair the deficiencies in the microflora and restore the animal's resistance to disease. Improving animal health and performance has always been the goal for farm and livestock producers. For this reason the present study was conducted to develop the micro-encapsulation of Probiotics (*Lactobacillus Thuringensis* and *Bifidobacterium Pseudulongum*) by the methods of Emulsion and Extrusion, to obtain a daily diet for calves that could offer not only the benefits of a high quality supplement but also the advantages of a product with incorporated probiotics.

Recibido el 27 de septiembre de 2004, aprobado el 4 de octubre de 2004

***Profesor Instructor del Departamento de
Ingeniería Química, Universidad de los Andes
edgvarga@uniandes.edu.co**

****Egresadas Ingeniería Química, Universidad de
los Andes**

Palabras clave: Alimento concentrado, mezclado, microencapsulación, nutrición animal, probióticos.

INTRODUCCIÓN

La producción de ganado vacuno y su transformación en carne constituye hoy en día, una actividad tradicional y estratégica en la economía colombiana. Esta industria ha cobrado gran importancia, no sólo por tratarse de un ingrediente principal en la dieta alimenticia de la población, sino también por su relevancia en el comercio exterior y su efecto en el contexto social. Por estas razones, la producción de carne en Colombia constituye uno de los temas más importantes que se deben estudiar y resolver.

Por otra parte, el rápido crecimiento de la producción ganadera está ejerciendo una presión cada vez mayor en los recursos naturales. Se necesitan tecnologías para aumentar la eficacia de la transformación de los piensos (alimentos balanceados), reduciendo así los insumos y las pérdidas de nutrientes.

La apropiada nutrición es un componente clave para obtener el éxito en un sistema de producción de ganado de carne [1], pues la alimentación comúnmente es el elemento que tiene mayor influencia en su estructura de costos. Este será además el factor determinante durante el proceso de engorde de los becerros, y lo que les permitirá convertirse en adultos rumiantes de máxima productividad.

El primer pienso que consume el becerro tiene una importancia vital, ya que con éste sustituye definitivamente el aporte lácteo que le brinda la madre y comienza a desarrollar el epitelio rumi-

nal. Adicionalmente, el concentrado contribuye a desarrollar las papilas de epitelio retículo ruminal para empezar el proceso de absorción de los productos finales de la fermentación.

La mayoría de los becerros entran al proceso de engorde con un peso promedio de 50 kg, donde normalmente solo han consumido la leche de la madre y algún tipo de forraje. Sin embargo, es común que presenten problemas como bajo desarrollo de las papilas ruminantes, causado principalmente por consumo de forrajes pobres y contaminados, lo cual retrasa su crecimiento y disminuye su productividad. Sumado a esto, los becerros presentan índices elevados de estrés debido a la entrada a los cebaderos, que provoca una reducción en su actividad ruminal y así mismo una pérdida de peso. Estas y muchas otras razones demuestran el papel principal de la dieta en el desarrollo de los becerros.

Los requerimientos nutricionales se basan en las necesidades y cantidades específicas de ciertos nutrientes, que cumplen funciones básicas en el ternero y son indispensables para su crecimiento, metabolismo y producción.

Para suplir estos requerimientos, se plantea como solución el desarrollo de un alimento concentrado en polvo a base de proteína vegetal y minerales, que a diferencia de otros, ofrezca como valor agregado la incorporación de probióticos (*Lactobacillus Thuringensis* y *Bifidobacterium Pseudulongum*), además de otros nutrientes que

dependen de la etapa de crecimiento en la que se encuentre el animal, en lo que se refiere a la producción de carne.

Los probióticos, por su parte, deben ser sometidos a un proceso de microencapsulación antes de mezclarse con los demás ingredientes del concentrado. La microencapsulación es un proceso mediante el cual los microorganismos probióticos vivos son introducidas en una matriz o sistema de pared, con el objetivo de impedir su pérdida, protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes en el medio e impedir que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno[2]. Adicionalmente sirve para extender el tiempo de vida de los probióticos y lograr convertirlos en un insumo más fácil de procesar a nivel industrial.

Los probióticos microencapsulados se mantienen metabólicamente estables y activos en el producto, para que puedan sobrevivir al paso por el sistema digestivo del animal en grandes números, y que además estén protegidos de factores externos que puedan impedir su degradación. De esta manera, se garantiza no solo la inocuidad de los alimentos y la protección de la salud humana y del animal, sino también un crecimiento compensatorio del animal, es decir, un incremento continuo de peso por día durante el periodo de engorde hasta su comercialización.

PRODUCCIÓN DEL PROBIÓTICO MICROENCAPSULADO

Métodos y materiales

Diversos métodos han sido propuestos para la microencapsulación y producción de microcápsulas. La selección del proceso para una aplicación considera el tamaño de la partícula requerida, las propiedades fisicoquímicas del agente encapsulante, la sustancia a encapsular, y el mecanismo de liberación deseado, así como los costos asociados a todo el proceso.

Sin embargo, los microorganismos encapsulados por algunos de los distintos métodos, resultan ser ineficaces, ya que son liberados del producto o no son protegidos totalmente del ambiente o de su paso por el estómago [3]. Por esta razón, para el desarrollo experimental se utilizaron los métodos de microencapsulación por Extrusión y por Emulsión, con el fin de determinar cuál de ellos posee una mayor compatibilidad con el proceso posterior de producción del concentrado. Ambos métodos presentan ventajas en cuanto a simplicidad, bajo costo, alta retención y viabilidad de las células, forma y diámetro de las cápsulas.

Como material de soporte se escogió el *Alginato de Sodio* para ambos métodos, debido al ambiente gentil que provee al material encapsulante, a su bajo costo, simplicidad y compatibilidad con los microorganismos. Adicionalmente debido a que el método de Emulsión a diferencia del de Extrusión es un proceso de dos fases, se necesitó de un material para la fase continua. Para ello se utilizó el aceite de gi-

rasol, que funciona como emulsificante y reduce la tensión superficial.

Selección de variables experimentales

Los métodos y materiales escogidos permiten experimentar con diferentes variables independientes, relacionadas estrechamente con características como el diámetro, forma y consistencia de la cápsula.

Tanto la forma como el diámetro de las cápsulas son características de mucha importancia para el proceso posterior de mezcla del concentrado, pues un diámetro de cápsula reducido asegura una mayor homogeneidad y una mejor mezcla con las materias primas. Es decir, debe buscarse que las cápsulas de probióticos y los componentes del concentrado tengan diámetros de partícula similares para aumentar los puntos de contacto entre ellos y lograr un mayor enlace, contribuyendo a la calidad del mezclado.

Algunas de las variables relacionadas con estas características son la viscosidad del alginato, diámetro de orificio de la bureta, altura de caída de la gota, velocidad de agitación y material de soporte. Entre todas ellas, la altura de caída y la viscosidad del alginato son las que muestran una mayor incidencia en el resultado final.

Una vez seleccionadas las dos variables de trabajo, se realizó el diseño experimental que se explica en la Tabla 1, que involucra estas variables para ambos métodos de encapsulación, tanto para *Lactobacillus* como para *Bifidobacterium*.

Tabla 1. Diseño experimental de microencapsulación para los métodos de Extrusión y Emulsión.

Viscosidad	Variables Experimentales	Altura de caída	
		10 cm	20 cm
30 cp	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	
40 cp	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	
220 cp	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	
230 cp	A ₄ B ₁	A ₄ B ₂	

Procedimientos de microencapsulación

La microencapsulación por Extrusión constituye el segundo proceso más usado para este fin, después del Secado por Aspersión. Éste involucra simplemente la preparación de una solución hidrocoloidal (polímero celular), añadiendo microorganismos a ésta, y extruyendo la suspensión celular a través de una aguja o bureta en la forma de gotas que caen en una solución de endurecimiento o refuerzo.

En el método de microencapsulación por Emulsión, una pequeña porción de polímero celular (fase discontinua), es añadida a un gran volumen de aceite vegetal (fase continua), que en este caso es aceite de girasol. La mezcla es homogenizada para formar una emulsión de agua-aceite, y una vez ésta se forma, se adiciona un agente que insolubiliza el polímero para formar pequeñas cápsulas de gel de la fase aceitosa. Las cápsulas son luego recogidas por filtración.

Viabilidad de los probióticos microencapsulados

Según análisis realizados, el proceso de microencapsulación posee ciertas desventajas e inconvenientes

con respecto al material de soporte utilizado, el cual tiene un efecto trascendental en el mecanismo de retención de los microorganismos dentro de la matriz.

Por ejemplo, se encontraron cápsulas con orificios e imperfecciones que permiten la liberación de los microorganismos al exterior, impidiendo de esta manera la llegada de los mismos al tracto intestinal del animal. En otras ocasiones, los microorganismos no logran sobrevivir dentro de la matriz por otras razones como falta de compatibilidad o falta de nutrientes necesarios para su mantenimiento.

Por esta razón, se hace necesario llevar a cabo la verificación de la supervivencia de los microorganismos dentro de las microcápsulas, para corroborar la efectividad y viabilidad de los métodos implementados, y como una forma de evaluación de los mismos.

Se toman muestras de aproximadamente 15 cápsulas de cada encapsulación realizada y se colocan en tubos de ensayo previamente marcados. Las cápsulas son luego maceradas permitiendo la liberación y exposición de los microorganismos al exterior. Se realiza primero un procedimiento de identificación por medio de un kit API específico para las especies en estudio, y posteriormente se siembra el contenido de los tubos de ensayo en cajas de agar, con incubación 38°C por un periodo de 48 horas y se observa el crecimiento celular obtenido.

PRODUCCIÓN DEL CONCENTRADO CON PROBIÓTICOS PARA ENGORDE

Formulación del concentrado

Para la formulación del concentrado se realizó un estudio previo de la patología digestiva y requerimientos nutricionales del animal, con la colaboración del personal de la finca “Santa Teresa” ubicada en Tenjo, Cundinamarca.

Un concentrado normalmente incluye la proteína vegetal necesaria, representada básicamente por productos farináceos, y por vitaminas y minerales requeridos para suprir las necesidades del animal [4]. De esta forma, se busca producir una dieta completa basada en insumos producidos a nivel nacional, sin la inclusión de proteína animal ni antibióticos, sustancias prohibidas en la Comunidad Europea por su relación con enfermedades como el “Mal de la Vaca Loca”, que afecta la salud de personas y del animal [5].

Este producto “dos en uno” ofrecerá además el valor agregado de los probióticos, que ayudan a la regeneración de la flora intestinal del becerro, activación del sistema inmunológico, aumento de peso, promoción del crecimiento, control de las diarreas, control del estrés, aumento de la absorción de nutrientes y disminución de la mortalidad, entre muchos otros beneficios.

En la Tabla 2 se presenta la formulación del concentrado para engorde de becerros, que puede encontrarse en forma de harinas o polvos finos.

Tabla 2. Formulación del concentrado para engorde de becerros.

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD (gr.)
Harina de Arroz	5600
Harina de Maíz	3750
Harina de Trigo	3750
Palmiste	3750
Torta de Soya	1900
Fhosbic	1110
Azúcar	43
Oxido de Zinc	70
Promocalier	11
Oxido de Magnesio	6
Probióticos	8
Pecuroma	2
Calcio	0,9
Yoduro de Potasio	1,5
Cloruro de Sodio	0,7
Selenito	0,7
Óxido de Manganeso	1,3

Mezclado del concentrado con probióticos

El proceso de mezclado es central en la fabricación del concentrado. El objetivo de esta etapa es mezclar en conjunto, tan uniformemente como sea posible, componentes de tamaño de partícula y peso específico variable. Entre más similares sean los ingredientes en relación con el peso específico, granulometría y fluidez, mejor será la calidad del mezclado y la estabilidad de la mezcla [6].

Una mezcla debe contener niveles consistentes de cada ingrediente a lo largo del batch. Es decir, que el contenido nutricional debe ser idéntico en todas las muestras que se tomen de la mezcla. El éxito del proceso de mezclado depende de muchos factores como lo son: tipo de mezcladora, tiempo de mezclado, tamaño de partícula, premezcla de micronutrientes y secuencia de los ingredientes añadidos.

Para el buen mezclado del concentrado formulado

con los probióticos, se inició la experimentación seleccionando y adquiriendo una micromezcladora industrial teniendo en cuenta características como: material (Colling Roll), orientación horizontal, helicoidal, carga y descarga.

Con la micromezcladora adquirida y las materias primas pesadas, se procedió a tamizar cada componente de la formulación para obtener insumos de diámetros similares y tamaños menores, permitiendo de esta manera el aumento de la superficie de contacto de los ingredientes con las enzimas digestivas del animal.

La secuencia de adición de los insumos era un factor clave para la elaboración del concentrado. Por esta razón, se comenzó agregando a la mezcladora los ingredientes mayores, es decir aquellos de mayor cantidad, seguidos de los menores, dejando por último los probióticos microencapsulados. Una vez llena la maquina con los ingredientes para un batch cualquiera, se pone a funcionar el equipo tomando muestras de 1kg cada 5 minutos durante la totalidad del proceso que dura 20 minutos.

La formulación empleada para cada batch fue la misma, utilizando en cada uno una muestra diferente de probióticos, correspondientes a cada combinación de encapsulación. Finalizada la mezcla, se descargaba la maquina en su totalidad, se limpiaba y nuevamente se volvía a cargar con el siguiente batch.

Tiempo de vida de los probióticos dentro del concentrado

La microencapsulación de probióticos es un procedimiento que no asegura en muchos de los casos, la supervivencia de los mismos dentro de las cápsulas. Muchas veces factores como compatibilidad con el material, humedad, nutrientes y hasta la luz y el oxígeno, influyen de manera marcada para que su supervivencia se haga día a día más difícil, como se había mencionado anteriormente.

El proceso de mezclado del concentrado con los probióticos, exige evaluar y corroborar la supervivencia de los microorganismos en esta etapa, para asegurar la viabilidad de los mismos para su uso final. El seguimiento de viabilidad es necesario no sólo después de la etapa de microencapsulación, sino también en esta parte última de la elaboración para garantizar la calidad del producto y el efecto del mismo.

De esta forma para corroborar la supervivencia, se tomaron dos batch del mezclado al azar, junto con sus muestras a los distintos tiempos, y se colocaron sobre una lámina de aluminio de 51cm de largo por 39cm de ancho. Una vez extendidas homogéneamente sobre la placa, se tomaron muestras de cada lado de la lámina y se colocaron en tubos de ensayo previamente marcados e identificados. A cada tubo se le añadió una pequeña porción de agua destilada y con la ayuda de agitadores de vidrio se procedió a macerar y diluir la mezcla lo máximo posible. Una vez diluida la

mezcla, se extrajo de cada tubo el sobrenadante y se sembró en cajas petri con agar MRS, para luego incubarlas por 48 horas a una temperatura de 44° C.

R E S U L T A D O S

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos de la medición de los diámetros de las cápsulas producidas tanto de *Lactobacillus* como *Bifidobacterium* por el método de Extrusión.

Por este método se encontraron resultados bastante interesantes en cuanto al efecto de viscosidad del alginato en los resultados.

Tabla 3. Diámetro de Cápsulas (mm) de *Lactobacillus* por el Método de Extrusión

Altura Viscosidad	1cm	10cm	20cm	40cm
30 cp	4	4	4	4
40 cp	4	4	4	4
220 cp	3	3	3	3
230 cp	3	3	3	3
470 cp	2	2	2	2

Tabla 4. Diámetro de Cápsulas (mm) de *Bifidobacterium* por el Método de Extrusión.

Altura Viscosidad	1cm	10cm	20cm	40cm
30 cp	4	4	4	4
40 cp	4	4	4	4
220 cp	3	3	3	3
230 cp	3	3	3	3
470 cp	2	2	2	2

Para viscosidades bajas como de 30 y 40cp, las cápsulas obtenidas tuvieron un diámetro promedio de 4mm y una forma bastante irregular e indefinida. Aparentemente se veían masas aglomeradas que no eran similares entre sí de color transparente. Sin



figura 2 micromezcladora helicoidal

embargo, para viscosidades mayores: 220 y 230cp, a medida que se aumenta la viscosidad del alginato las cápsulas presentan diámetros menores y una forma más esférica y regular. Se pudo comprobar lo anterior con la viscosidad más alta utilizada de 470cp que arroja cápsulas de diámetro 2mm y forma totalmente esférica, definida y regular.

De esta manera, se pudo corroborar que a medida que se aumenta la viscosidad del alginato, mejora considerablemente no sólo el diámetro sino también la forma de las cápsulas. Y así mismo que la altura de caída de la gota no tiene incidencia alguna en cuanto a la forma o diámetro de las cápsulas.

Las Tablas 5 y 6 muestran los resultados para la microencapsulación por Emulsión.

Tabla 5. Diámetro de Cápsulas (mm) de *Lactobacillus* por el Método de Emulsión.

<i>Altura</i>	1cm	10cm	20cm	40cm
<i>Viscosidad</i>				
30 cp	4	4	4	4
40 cp	4	4	4	4
220 cp	4	4	4	4
230 cp	5	4	4	4
470 cp	4	4	4	4

Tabla 6. Diámetro de Cápsulas (mm) de *Bifidobacterium* por el Método de Emulsión.

<i>Altura</i>	1cm	10cm	20cm	40cm
<i>Viscosidad</i>				
30 cp	4	4	4	4
40 cp	4	4	4	4
220 cp	4	4	4	4
230 cp	5	4	4	4
470 cp	4	4	4	4

Por este método, una variación tanto de la viscosidad del alginato como de la altura de caída de la gota, no tuvo incidencia alguna en el diámetro y

forma de la cápsula. Para las distintas viscosidades y alturas utilizadas el diámetro permaneció siempre igual obteniendo siempre cápsulas de 4mm, lo que se ve en la figura 3.

Estos resultados se relacionaron con el aceite utilizado como emulsificante, que no ofreció los requerimientos de solidez y conformación que necesitaban las cápsulas. Así mismo, por este método la velocidad de agitación de la suspensión resultó muy importante, pues a mayor velocidad las cápsulas obtenidas eran más compactas y sólidas.

En las Tablas 7 y 8 se muestran los resultados de supervivencia de los probióticos encapsulados para *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* por el método de Extrusión y Emulsión.

Tabla 7. Supervivencia de *Lactobacillus* encapsulados por Extrusión y Emulsión.

	1cm	10cm	20cm	40cm
30 cp	-	-	-	-
40 cp	-	-	-	-
220 cp	+	+	+	+
230 cp	++	++	++	++
470 cp	+++	+++	+++	+++

Tabla 8. Supervivencia de *Bifidobacterium* encapsulados por Extrusión y Emulsión.

	1cm	10cm	20cm	40cm
30 cp	-	-	-	-
40 cp	-	-	-	-
220 cp	+	+	+	+
230 cp	++	++	++	++
470 cp	+++	+++	+++	+++

Con base en los resultados se observó un patrón bastante marcado para ambos métodos, donde para las viscosidades menores la supervivencia de los

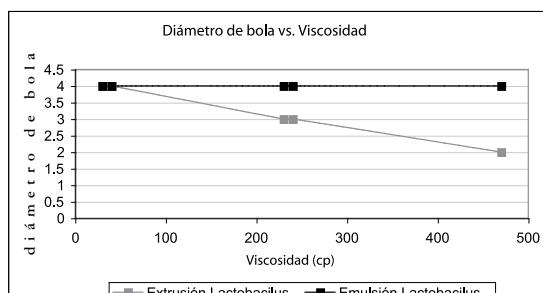


figura 3 Relación entre Diámetro de Cápsulas y Viscosidad

microorganismos fue nula, mientras que para viscosidades mayores (superior a 220cp), la supervivencia fue positiva.

A pesar de que la supervivencia de los probióticos no se pudo comprobar en todas las microencapsulaciones, se pudo determinar que a mayores cantidades de alginato utilizado, mejor es la retención de los microorganismos en el interior de las cápsulas, evitando de esta manera la liberación de los mismos.

Estos resultados, de hecho, son importantes para la encapsulación de probióticos, ya que una de las finalidades de este proceso es lograr que los microorganismos puedan sobrevivir a niveles de pH elevados, al igual que a factores externos como los ácidos gástricos de los animales. De nada serviría si los microorganismos no son retenidos en las cápsulas antes de llegar al rumen del animal donde se desea que se multipliquen y trabajen.

En cuanto a la formulación del concentrado y mezcla del mismo con los probióticos, se pudo obtener un concentrado compuesto por una dieta básica más el valor agregado de los probióticos. Así mismo el concentrado elaborado presentó una textura fina y suave con olor agradable, para la palatabilidad de los animales. No se observaron residuos ni grumos de ingredientes añadidos, ni tampoco partes de muestras mal mezcladas. Las cápsulas de probióticos se mezclaron óptimamente gracias a la textura flexible y pegajosa del alginato que se añadió fácilmente y homogéneamente a la mezcla.

Finalmente la corroboración de la supervivencia de los probióticos para los dos batchs seleccionados, demostró un tiempo de vida del producto hasta el final de la experimentación, cumpliendo de esta forma 33 días para los microorganismos microencapsulados. Para ambos batchs se observó que todas las muestras presentaron supervivencia de los probióticos en mínimo una caja a un tiempo determinado. Estos resultados fueron bastante interesantes ya que se logró de alguna manera, que la experimentación llegara a su fin con éxito y que la viabilidad de los probióticos fuera positiva aún en mezcla con el concentrado.

Sin embargo, y a pesar de que no hubo supervivencia en todas las muestras a los distintos tiempos de mezclado para los dos batchs, se pudo determinar según el número de cajas, donde hubo mayor crecimiento celular, que para el tiempo de mezclado de 15 min la supervivencia fue mayor. Es decir para este tiempo, hubo tres cajas de siembra donde los microorganismos se reprodujeron, a diferencia de la de 10min, donde sólo aparecieron en dos cajas. De esta forma, se concluyó que el tiempo óptimo de mezclado para el concentrado con probióticos es de 15 minutos.

Las Tablas 9 y 10 muestran los resultados de las pruebas de supervivencia para las muestras tomadas de los batchs seleccionados cada 5 minutos.

Tabla 9.
Supervivencia de probióticos a
distintos tiempos de mezclado
(Batch A₄B₁)

Tiempo (min.)	Supervivencia
5	No
5	No
5	Sí
5	Sí
10	No
10	No
10	Sí
10	Sí
15	Sí
15	No
15	Sí
15	Sí
20	No
20	Sí
20	No
20	Sí

Tabla 10
Supervivencia de probióticos
a distintos tiempos de mezclado
(Batch A₃B₂)

Tiempo (min.)	Supervivencia
5	No
5	Si
5	No
5	No
10	Si
15	Si
15	No
15	No
15	Si
20	No
20	Si
20	No
20	Si

CONCLUSIONES

Con la microencapsulación por Extrusión se logró obtener los diámetros de cápsulas más pequeñas, observando que la viscosidad del alginato es una variable importante para lograr tamaños menores y formas esféricas, mientras que la altura de caída de la gota no tiene incidencia alguna en estos resultados.

Para optimizar el tiempo que demora la microencapsulación se debe utilizar un montaje que facilite la salida del alginato de sodio de una manera más rápida y que evite así inconvenientes como demoras y taponamientos del orificio de salida de la bureta.

Las mezclas de concentrado presentaron una buena homogeneidad, de textura suave y fina, con un olor agradable.

Se pudo comprobar que los probióticos que lograron sobrevivir los 23 primeros días de encapsulación, fueron aquellos que se encapsularon con viscosidades de alginato mayores. Los probióticos encapsulados lograron sobrevivir y mantenerse una vez incorporados en el concentrado, cumpliendo de esta forma 33 días de microencapsulación exitosa.

Para el mezclado del concentrado con los probióticos, se debe tener cuidado en el pesado de los elementos menores y mayores, ya que cantidades superiores pueden ocasionar intoxicación o acidosis en el animal. Así mismo, tener cuidado con el orden de adición de los ingredientes para evitar la segregación de aquellos que son muy livianos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CIFI) de la Universidad de los Andes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Bacha, Fernando

*Nutrición, Patología Digestiva y Salud Intestinal
Rumiantes en Cebo*

Curso de Especialización Fedna, Barcelona, 2002,
pg 143-159.

[2] Chang, H.N,

Microencapsulation of Microbial Cells,
Biotechnology Advances, 2000, pg 303-319

[3] Fernández, Yañez, J

“Aplicaciones Biotecnológicas de la
Microencapsulación”

En XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería,
Vol. 21, septiembre-octubre 2002, pg 313-319

[4] Tatar, Gabriel

“Uso de la Biotecnología en la Ganadería
Colombiana”
En *Revista Normando Colombiano*, Edición 25, Diciembre 96, pg 1-7.

[5] Rico, Acedo, J

*Seguridad Alimentaria y Fabricación de Piensos
Compuestos*

XVII Curso de Especialización FEDNA, Monterrey,
México, Marzo 26, 2001,

[6] Pardio, Sedas, Violeta

Los Probióticos y su Futuro
En *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Vol. 46,
1996.