



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

La gelificación de los almidones de cereales y su impacto en la calidad de pellet en el desarrollo y engorde del cerdo (*Sus scrofa*).

AUTOR:

Kener Iván Fernández Ramírez

TUTORA:

Dra. Lidia Paredes Lozano. Mg. Sc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

Este estudio analizó el uso de la gelificación de los almidones de cereales y cómo afecta la calidad del pellet destinado a la alimentación de cerdos, la textura y la cohesión del pellet son fundamentales para la eficacia alimentaria y el bienestar de los animales, para el porcicultor, esta técnica ofrece un alimento saludable y de menor costo que satisface las necesidades nutricionales del cerdo, es una forma de utilizar el almidón en la fabricación de pellets, facilitando el acceso de los criadores a una fuente de proteína y minerales altamente aprovechable, para describir la gelificación de los almidones de cereales y su importancia en la calidad de pellet en cerdos, se reunió información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web, el proceso de formación de gelificación implica redes tridimensionales que retienen solventes, ajusta la textura de los alimentos mediante la retención de agua en matrices de proteínas o polisacáridos, influenciada por factores como el pH, la eficacia del pellet para optimizar el crecimiento y la eficiencia alimentaria, logra una ganancia de peso 0.8 kg/día y una conversión de 3.2 kg, que aumentó a 1.2 kg/día y mejoró a 2.8 kg, la técnica de gelificación mejora la digestibilidad y calidad nutricional en alimentos porcinos mediante la elección adecuada de solventes y grupos funcionales, el peletizado no solo optimiza la eficiencia alimentaria y uniformidad dietética para cerdos, sino que la composición de la materia prima, incluyendo lignina y humedad, también influyen en forma crucial en la calidad y durabilidad durante su manejo y transporte.

Palabras clave: Almidón, Cerdo, Gelificación, Nutrición, Pellet.

SUMMARY

This study analyzed the use of gelation of cereal starches and how it affects the quality of the pellet intended for feeding pigs, the texture and cohesion of the pellet are essential for feed efficiency and animal welfare, for the pig farmer, this technique offers a healthy and lower cost food that meets the nutritional needs of the pig, it is a way to use starch in the manufacture of pellets, facilitating the access of breeders to a highly usable source of protein and minerals, to describe the gelation of cereal starches and its importance in pellet quality in pigs, information was gathered from current documents research articles, virtual libraries and websites, the gelation formation process involves three-dimensional networks that retain solvents, adjusts the texture of food by retaining water in protein or polysaccharide matrices, influenced by factors such as pH, pellet efficiency to optimize growth and feed efficiency, achieves a weight gain of 0.8 kg / day and a conversion of 3.2 kg, which increased to 1.2 kg/day and improved to 2.8 kg, the gelation technique improves digestibility and nutritional quality in pig feed through the appropriate choice of solvents and functional groups, pelleting not only optimizes feed efficiency and dietary uniformity for pigs, but the composition of the raw material, including lignin and moisture, also crucially influences quality and durability during handling and transportation..

Keywords: Starch, Pork, Gelation, Nutrition, Pellet.

Índice de contenido

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
Índice de contenido	IV
Índice de Tablas	V
Tabla de Figuras.....	V
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Líneas de investigación	4
2.DESARROLLO	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.1.1. Gelificación del almidón.....	5
2.1.2. Uso de cereal gelificado en la alimentación porcina.	5
2.1.3. Generalidades del cerdo.	6
2.1.3.1. Clasificación taxonómica.....	7
2.1.4. Las técnicas en el proceso de gelificación	8
2.1.5. El efecto a nivel zootécnico del pellet.....	9
2.1.6. Factores que influyen en la calidad del pellet	11
2.1.7. Requerimiento nutricional del cerdo.....	12
2.2. Marco metodológico	14
2.3. Resultados.....	15
2.4 Discusión de resultados	16
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
3.1. Conclusiones	18
3.2. Recomendaciones.....	18
4.REFERENCIAS Y ANEXOS.....	19
4.1. Referencias bibliográficas	19
4.2. Anexos.....	24

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación taxonómica de los cerdos criollos	8
Tabla 2: Uso de tratamientos de alimentación para cerdos.....	10
Tabla 3: Requerimientos nutricionales para cerdos en etapas de crecimiento y engorde.	12
Tabla 4: Ganancia de peso y conversión alimenticia.	14

Tabla de Figuras

Figura 1: Cerdo en etapa de crecimiento.....	7
---	---

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

La alimentación de los porcinos a nivel mundial debe basarse en dietas que proporcionen niveles nutricionales adecuados para la genética, la etapa fisiológica-productiva, la salud de los animales y la unidad de producción porcina, el entorno en el que están alojados y el manejo, es necesario tener en cuenta y aplicar las regulaciones oficiales de cada país que regulan el uso y la fabricación de alimentos para las diferentes fases de la vida de los cerdos cuando se crea una dieta para satisfacer las necesidades nutricionales de los cerdos (Bernal *et al.* 2019).

La cantidad de carne de cerdo por persona ha superado los 12 kilos, lo que supera la cantidad de carne de res, que es de aproximadamente 8,5 kilos, Pichincha es la provincia que más consume cerdo, con un 38%, le sigue Guayas con un 34%, Azuay con un 7% y Manabí con un 5%, aproximadamente 80.000 empleos directos y más de 200.000 indirectos son creados por la porcicultura en Ecuador, que representa un 8% del PIB agropecuario, actualmente, hay alrededor de 166.000 productores de cerdo en el país, de los cuales el 94% son pequeños productores (La Hora 2024).

En ocasiones, la estructura nativa del almidón se vuelve ineficaz porque ciertos aspectos de los procesos tecnológicos limitan su uso en aplicaciones industriales, la modificación de la estructura nativa del almidón permite superar estas limitaciones, el grado de acetilación y el porcentaje de grupos acetilos determinarán las características de los almidones producidos por el método químico de acetilación, la capacidad de gelificación del almidón es una característica funcional importante (Trulls *et al.* 2019).

Después de su propagación por el continente americano, el cerdo (*Sus scrofa*) fue domesticado y criado para el posterior consumo. Desde entonces se han buscado diversas formas en que podemos alimentar al cerdo y que este gane peso rápidamente y no haya desperdicio de alimento en grandes cantidades, aquí es donde interviene la gelificación de almidones para su posterior uso en la

fabricación de pellets ya que mantienen la calidad de la mezcla y todos los ingredientes están en el tamaño adecuado.

1.2. Planteamiento del problema

La alimentación de razas y líneas de ganado porcino mejoradas se basa principalmente en un consumo equilibrado de alimentos compuestos por soya y cereales, las materias primas convencionales han disminuido en todo el mundo debido a la rápida expansión de la población, las condiciones climáticas, la producción de biocombustibles y, finalmente, la aparición de nuevas enfermedades como el COVID-19 (Caicedo *et al.* 2023).

Los criadores de cerdos no suelen considerar ciertos métodos apropiados para criar cerdos de manera eficiente, tal como es el déficit de nutrientes o una alimentación adecuada, así como factores que pueden afectar el uso adecuado de un programa de alimentación. Los nutrientes esenciales en la dieta son las proteínas, los minerales, las vitaminas y la energía, algunos necesitan una reducción y otros un incremento, pero todos están relacionados y la falta de uno de ellos afectará el rendimiento de los cerdos.

En la actualidad, en una explotación la alimentación del cerdo comprende entre el 70 y el 80 % de los costos variables y por ello se están introduciendo alimentos alternativos para cerdos con el objetivo de reducir los costos de alimentación de estos animales, sin embargo, para que puedan usarse de manera efectiva en la dieta de los animales, se deben procesar porque en su estado natural contienen desechos secundarios que pueden afectar la disponibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes (Caicedo *et al.* 2023).

Este estudio examinó la gelificación de los almidones de cereales y cómo afecta la calidad del pellet destinado a la alimentación de cerdos, ya que la textura y la cohesión del pellet son fundamentales para la eficacia alimentaria y el bienestar de los animales. La digestibilidad de los nutrientes y la disminución del desperdicio de alimento están directamente influenciados por la calidad del pellet, lo que es fundamental para el crecimiento y la salud de los cerdos.

1.3. Justificación

La gelatinización del almidón, que no es más que la transformación de las membranas de las células vegetales en una sustancia parecida a un gel más o menos espesa, que luego puede utilizarse para producir gránulos del tamaño adecuado, integrando uniformemente todos los ingredientes, la comida equilibrada puede mejorar la calidad de la mezcla.

El porcicultor podrá obtener un alimento saludable a menor costo, que logre satisfacer los requerimientos del cerdo, y a la vez es una manera innovadora de sacar provecho del almidón en la fabricación de pellet, siendo esta última de fácil acceso para los criadores, permitiendo que las proteínas y los minerales sean aprovechados con mayor eficiencia.

Para garantizar el máximo valor nutricional de estos alimentos y mantener la salud y el rendimiento de los cerdos, es necesario procesarlos antes de incluirlos en la dieta de los animales, además de maximizar la eficiencia alimentaria, este proceso puede convertir subproductos agrícolas o industriales en recursos indispensables, lo que contribuye a la sostenibilidad económica y ambiental de la ganadería porcina.

La mejora de la gelificación de los almidones también puede incrementar la durabilidad y la estabilidad de los pellets, lo que es fundamental para el almacenamiento y la distribución eficiente en la industria porcina. Esta investigación resalta las ventajas de la gelificación del almidón para su posterior uso en la elaboración del pellet y como estos influyen en la alimentación de los cerdos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Describir la gelificación de los almidones de cereales y su importancia en la calidad de pellet en cerdos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las técnicas en el proceso de gelificación.
- Explicar el efecto a nivel zootécnico del pellet en cerdos.
- Relacionar factores que influyen en la calidad del pellet.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en: “La gelificación de los almidones de cereales y su impacto en la calidad de pellet en el desarrollo y engorde del cerdo (*Sus scrofa*)”. En este contexto, la línea específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Seguridad y soberanía alimentaria.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Gelificación del almidón

Los almidones comerciales como el arroz y la pasta se estructuran en gránulos de almidón a los que se les ha eliminado la mayor parte del agua y los gránulos se encogen cuando se secan; estos granos absorben agua de forma limitada cuando están fríos, pero cuando se calientan se produce una hidratación intensa hasta alcanzar la máxima gelificación, cambiando el color y la textura del almidón (Salvatierra 2019).

La regresión ocurre cuando la pasta de almidón gelatinizado se enfría lentamente, las moléculas de amilosa se alinean adecuadamente y forman enlaces de hidrógeno, y las moléculas de amilosa se secretan durante la gelatinización, después de enfriar, la amilosa recristaliza rápidamente y es en gran medida insoluble a temperatura ambiente, lo que provoca la recristalización de la amilopectina (Astudillo y Sánchez 2019).

2.1.2. Uso de cereal gelificado en la alimentación porcina.

Las leguminosas son fuentes económicas de proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas y energía en las comidas a nivel mundial, su ingesta está asociada a consecuencias fisiológicas beneficiosas, ya que contribuyen a controlar y prevenir diversas patologías metabólicas; no obstante, su alimentación se ve afectada por la presencia de elementos anti nutricionales, los cuales intervienen en la ingesta y la digestión de proteínas y minerales en animales monogástricos, los principales factores anti nutricionales de las leguminosas incluyen la α -galactosidasa, los inhibidores de la tripsina y el ácido fítico (Arceo 2022).

Muchos estudios han utilizado almidón de diversas fuentes, como maíz, papa, plátano verde y yuca, para crear recubrimientos comestibles, la yuca es la materia prima más utilizada para estos productos debido a su disponibilidad mundial y propiedades beneficiosas como el alto rendimiento, por lo que se torna materia prima ideal para la gelificación (Caiza 2021).

2.1.3. Generalidades del cerdo.

El cerdo es un animal omnívoro y se le reconoce como uno de los animales domésticos más inteligentes; hoy en día, se cría principalmente para la producción de alimentos y su piel se utiliza en diversas industrias, el cerdo doméstico forma parte de la familia de los *Suidos* y pertenece al orden de los *Artiodáctilos*, su piel está cubierta de vellosidades y se diferencia de otras especies por la casi total ausencia de glándulas sudoríparas, lo que lo hace vulnerable a las altas temperaturas (Reinoso 2020).

Las características de estos animales, detalladas tanto para machos como para hembras reproductoras, son las siguientes: los machos pesan 40 kg y las hembras 35 kg, con una altura a la cruz de 47 cm y 59 cm respectivamente, son animales de tamaño mediano, con piel oscura y escaso pelaje de color negro pizarra; poseen un hocico largo y estrecho que les sirve para escarbar en busca de alimento y agua. Tienen una estructura ósea destacada y una cantidad reducida de carne (Llangari 2021).

Todas las razas de cerdos descienden de dos especies: *Sus scrofa*, el cerdo europeo, y *Sus vittatus*, el cerdo salvaje asiático originario del este y sureste de Asia, los jabalíes son especies salvajes que aún habitan en bosques y se alimentan de pequeños animales, tubérculos, frutos y pastos, el cerdo original llevaba una vida sedentaria hasta que fue capturado por el ser humano y comenzó a ser alimentado por él. (Guanuchi 2022).

El porcicultor en el tema de alimentación debe tener en cuenta diversos conceptos fundamentales para asegurar que los cerdos alcancen el peso de mercado en el menor tiempo posible y de la manera más eficaz posible, en los conceptos más relevantes se encuentran las etapas de vida o de producción, los nutrientes y sus necesidades, los ingredientes y su composición, los parámetros productivos de relevancia económica y los factores que permiten la utilización eficiente de los alimentos (Duarte 2019).

La **figura 1**, muestra a un cerdo (*Sus scrofa*) en desarrollo.



Figura 1: Cerdo en etapa de crecimiento.

2.1.3.1. Clasificación taxonómica.

El cerdo es conocido por varios nombres comunes, como cerdo, marrano, cochino, puerco y chanco, entre otros, su nombre científico es *Sus scrofa ssp. domesticus*, aunque algunos autores prefieren utilizar *Sus domesticus* para referirse al cerdo doméstico y reservan *Sus scrofa* para el jabalí, la carne de cerdo es ampliamente consumida a nivel mundial; sin embargo, en religiones como el judaísmo y el islam, su consumo está prohibido debido a que el cerdo es considerado un animal impuro (Villegas 2022).

La **tabla 1**, presenta la clasificación taxonómica del cerdo (*Sus scrofa*).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de los cerdos criollos

Reino	Animal
Rama	Bilateral
Tipo	Cordados
Clase	Mamíferos
Orden	Ungulados
Familia	Suidos
Especie	<i>Sus Scofa</i>
Nombre Científico	<i>Sus Scrofa spp</i>

Fuente: Villegas (2024)

2.1.4. Las técnicas en el proceso de gelificación

Los geles, con una estructura tridimensional que atrapa disolventes, están entre el estado sólido y líquido. El término "hidrogel" se usó por primera vez en 1894 para geles coloidales de sales inorgánicas, pero hoy describe materiales poliméricos. Se llaman organogeles si el disolvente es orgánico, o hidrogeles si es agua (García 2020).

La gelificación se produce cuando las moléculas geladoras se asocian mutuamente para formar agregados fibrosos largos, similares a polímeros; esta matriz atrapa el solvente a través de una tensión superficial, lo cual proporciona al gel una apariencia sólida al evitar el flujo del solvente bajo la gravedad, aún se tienen escasos datos acerca de cómo las moléculas se añaden para formar geles, tales como el tipo de solvente adecuado y los grupos funcionales necesarios para que una molécula actúe como organogelador (Loredo 2023).

La gelificación térmica de proteínas se usa en alimentos para crear textura, formando una red que retiene agua, el pH y la concentración de sales son factores clave que afectan las interacciones proteicas y las características del gel resultante, los niveles de pH que puedan llegar a tener el solvente (agua) puede afectar el color del resultado final (Fernández 2021).

En los geles alimentarios, el líquido es agua y la red molecular está formada por proteínas, polisacáridos o ambos, las propiedades del gel están determinadas por interacciones complejas entre el disolvente y la red molecular, el agua actúa como disolvente e influye en la naturaleza y magnitud de las fuerzas intermoleculares que sustentan la integridad de las redes poliméricas esta red retiene el agua y evita la escorrentía (Ticona 2019).

El almidón es un importante biopolímero elaborado a partir de amilosa y amilopectina y es una de las principales fuentes de alimento para animales y humanos, además, debido a su abundancia, naturaleza renovable, biodegradabilidad y bajo costo, es una materia prima importante para la industria, se obtiene de una variedad de fuentes naturales como tubérculos, cereales, legumbres y frutos inmaduros, y puede hidrolizarse para obtener productos de mayor valor comercial (Caiza 2021).

2.1.5. El efecto a nivel zootécnico del pellet en cerdos

Se utilizan diversas opciones de ingredientes para elaborar dietas de acuerdo con la composición nutricional, restricciones en diversas etapas de producción y necesidades nutricionales, los nutrientes se estructuran en fuentes de energía, proteínas, vitaminas, minerales y aditivos no alimentarios, los usos de estos ingredientes varían de manera significativa en función de la zona de producción y las condiciones de importación (Echeverría 2020).

Los carbohidratos son esenciales para producir y transformar energía; Las proteínas son responsables de la formación de los órganos, músculos, tejidos y hormonas de un animal; los minerales apoyan el desarrollo óseo, regulan la presión osmótica y la temperatura del cuerpo y facilitan las reacciones químicas; Las grasas proporcionan energía, forman parte de las membranas celulares y ayudan en la absorción de compuestos liposolubles; Las vitaminas ayudan a los tres nutrientes principales a funcionar correctamente, asegurando que el organismo funcione al máximo (Alcívar y Yagual 2019).

Los alimentos balanceados son de una composición bien definida que han sido elaborados según estándares equilibrados, una dieta equilibrada también hace referencia a una mezcla de alimentos naturales que contiene todos los nutrientes necesarios para cada especie animal y se adapta a la raza, edad, peso y condición fisiológica (Godoy 2023).

En la siguiente **tabla 2**, se muestran el uso alternativas de alimentación con yuca, maíz y banano, de las cuales el tratamiento 2 supera en un 20% el consumo del tratamiento 1, por su mayor contenido de yuca y banano.

Tabla 2: Uso de tratamientos de alimentación para cerdos.

Insumos	Tratamiento 1 (%)	Proteína T1 (%)	Energía T1	Tratamiento 2 (%)	Proteína T2 (%)	Energía T2
Maíz	14	1.12	46606	6	0.48	19974
Núcleo	42	14.28	104622	44	14.96	109604
Polvillo	11	1.32	29920	7	0.84	19040
Yuca	16	0.51	-	21	0.67	-
Banano	16	0.80	-	21	1.05	-

Fuente: Carvajal (2023). Adaptado por el autor.

El balanceado en pellet es una opción eficaz para optimizar el uso de insumos, ya que la uniformidad de sus partículas reduce la selectividad del animal y el desperdicio de alimento; el proceso de peletizado, que involucra calor, presión y humedad, desnaturaliza las proteínas y altera la estructura de los almidones, gelatinizándolos, mejora la digestibilidad y promueve un mayor desarrollo de las vellosidades intestinales (Colonia 2019).

La digestibilidad de la ración mejora considerablemente cuando se aumenta la temperatura, ya que este proceso provoca la gelatinización del almidón, permitiendo un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales, la reducción de microorganismos patógenos ayuda a minimizar los riesgos de

problemas entéricos, la dieta se vuelve más fácil de consumir, reduciendo el tiempo necesario para la ingesta; esto también disminuye el desperdicio, ya que la mayor fluidez del alimento reduce la necesidad de ajustes en los comederos y posibles errores de manejo (Cedrovet 2024).

Los hallazgos obtenidos en relación con la conversión alimenticia evidencian una ventaja significativa con el uso de dietas en pellets, los lechones ingeridos en esta alimentación requerían una dosis reducida de comida para obtener un kilogramo de peso, se puede atribuir una elevada digestión de los nutrientes, con el fin de alcanzar una alta digestión de los alimentos en las primeras etapas de vida de los lechones, es fundamental utilizar materias primas altamente digestibles y aplicar procedimientos de fabricación supervisados (Martínez 2019).

2.1.6. Factores que influyen en la calidad del pellet

Una dieta equilibrada está influenciada por varios factores, incluido el nivel energético de la dieta, las condiciones ambientales, el peso del animal, las condiciones de producción y la genética; es importante comprender estos factores porque tienen un enorme impacto en la productividad, las granjas porcinas que no controlan el consumo de alimento no pueden aumentar la productividad porque no

pueden identificar si los costos del alimento se ven afectados por enfermedades, cambios en la calidad del alimento, factores ambientales, escasez de suministro, desperdicio, robo. (Ulcuango 2022).

Factores como la temperatura, la humedad, la materia prima, la durabilidad y la presión son esenciales para la calidad de los pellets, la sensibilidad de los pellets de baja durabilidad a las tensiones mecánicas durante el transporte y la manipulación hace que se formen finos y sea más difícil de usar; el contenido de lignina, un componente esencial que ayuda en la ligación de las partículas, influye principalmente en este parámetro, los altos contenidos de humedad en las materias primas dificultan la compactación, lo que puede hacer que los pellets formados sean friables o quebradizos (Pegoretti 2020).

La forma de presentación del alimento y los procedimientos llevados a cabo en las materias primas pueden tener un impacto en su utilización y aprovechamiento por parte animal, la molienda fina y la granulación del balanceado son métodos

eficaces para mejorar la eficiencia alimenticia; el proceso térmico con vapor, ya sea combinado con presión o no, incrementa la digestibilidad del organismo al desactivar los factores antinutritivos (Guzmán y Jiménez 2020).

El peletizado por compresión es un proceso mecánico que utiliza humedad, calor y presión para aglomerar pequeñas partículas de una mezcla en unidades largas o tabletas compactas, este proceso aumenta la energía de los alimentos mediante la gelatinización de los carbohidratos, reduce el gasto energético procedente de la ingesta de alimentos y aumenta significativamente el contenido de proteínas y la digestibilidad de los aminoácidos y otros nutrientes del alimento (Godoy 2023).

2.1.7. Requerimiento nutricional del cerdo

La creciente discrepancia entre la necesidad de aumentar el consumo de proteínas de origen animal y las restricciones financieras y de disponibilidad de alimentos para los animales representa un desafío constante para productores y especialistas, quienes buscan soluciones más económicas y competitiva; se han desarrollado alternativas no convencionales de alimentación para cerdos y otras especies que sustituyen parcialmente las importaciones, aprovechando los recursos locales y logrando buenos resultados y beneficios económicos. (Sagaró y Ferrer 2021).

En la siguiente **tabla 3**, se describen los porcentajes de factores nutricionales que requieren los cerdos en etapa de crecimiento y engorde.

Tabla 3: Requerimientos nutricionales para cerdos en etapas de crecimiento y engorde.

FACTORES	CRECIMIENTO	ENGORDE
NUTRICIONALES		
Proteína (%)	17,5	15
Energía Metabolizable (MCal/kg)	3100	3150
Fibra Bruta (%)	9	9
Materia Grasa (%)	9	9
Calcio (%)	0,6	0,5
Fosforo (%)	0,45	0,35
Metionina + Cistina	0,54	0,44
Lisina	0,95	0,75

Fuente: Godoy (2023)

La etapa de crecimiento comprende desde el destete hasta que los animales alcancen aproximadamente los 45 kg, los cuidados y el manejo adecuado para las crías en esta etapa contemplan, entre otros aspectos, la agrupación preferible por camadas de hermanos y la alimentación adecuada en los corrales, durante el desarrollo de los seres vivos, diversos tejidos y órganos se desarrollan a niveles distintos, lo cual otorga una conformación de los animales jóvenes que difiere a la de los adultos (Duarte 2019).

El consumo de alimentos, la ingesta de comida y la ganancia de peso pueden verse afectados por la apariencia del alimento, este factor puede aliviar el estrés en los animales, lo cual contribuye al desarrollo durante las fases productivas y, de esta forma, en la etapa final; la finura de la comida y la cantidad de polvo en el alimento también influyen y contribuyen a incrementos en el desempeño de los cerdos en la etapa de crecimiento (Guzmán y Jiménez 2020).

La desnutrición desequilibra el sistema inmunológico y aumenta el riesgo de infección, estas deficiencias, particularmente los aminoácidos y sus concentraciones plasmáticas, dependen del equilibrio entre el uso de aminoácidos

para apoyar las respuestas inflamatorias e inmunes y su liberación al plasma a través del catabolismo proteico y la ingestión (Aguilar et al. 2020).

A continuación, la **tabla 4**, proporciona un resumen general de la ganancia de peso y conversión alimenticia, con los tratamientos usados de la tabla 2, para cerdos durante la etapa de crecimiento y engorde (Carvajal 2023).

Tabla 4: Ganancia de peso y conversión alimenticia.

Variable	Semana	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Diferencia (T2-T1)	p-valor
Ganancia de peso (lb)	6 (Desarrollo)	75,76	89,76	14 lb	0,1463
Conversión alimenticia (%)	6 (Desarrollo)	3,11	3,02	-0,09 %	0,7732
Ganancia de peso (lb)	12 (Engorde)	139,52	151,68	12 lb	0,3528
Conversión alimenticia (%)	12 (Engorde)	2,95	2,74	-0,21 %	0,3982

Fuente: Carvajal (2023). Adaptado por el autor.

2.2. Marco metodológico

Para elaborar el presente documento se reunió información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los autores que aportaron al desarrollo de esta investigación.

Se identificaron temas relevantes en la gelificación de los almidones de cereales y su impacto en la calidad de pellet en el desarrollo y engorde del cerdo (*Sus scrofa*). Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.3. Resultados

Se trata de un proceso esencial que implica redes tridimensionales que albergan solventes, conocidos como geles, estos materiales pueden clasificarse como hidrogeles cuando el solvente es agua o como organogeles cuando se emplean solventes orgánicos, se generan geles a través de la asociación de moléculas geladoras que se entrelazan con el objetivo de formar estructuras fibrosas largas, similares a polímeros, que retienen el solvente debido a la tensión superficial. La elección del solvente adecuado y los grupos funcionales específicos en las moléculas geladoras son fundamentales para el desarrollo de este proceso.

En tareas alimentarias, como la evaluación térmica de proteínas, se utiliza este proceso para ajustar la textura de los alimentos, la membrana molecular conformada por proteínas o polisacáridos retiene agua y, además, está sujeta a factores como el pH y la concentración de residuos, estos parámetros son críticos, ya que afectan las interacciones entre las moléculas y, por consiguiente, las características finales del gel, las variaciones en el pH del solvente pueden afectar no solo la estructura del gel sino también su coloración final, destacando la relevancia de supervisar estos factores en aplicaciones profesionales.

Los alimentos pellet están diseñados según estándares equilibrados, proporcionando una mezcla completa de carbohidratos para la energía, proteínas para el desarrollo muscular y estructural, minerales para el soporte óseo y funciones metabólicas, grasas para la energía y la absorción de nutrientes liposolubles, y vitaminas para asegurar el adecuado funcionamiento fisiológico, esta dieta no solo mejora la eficiencia alimentaria, sino que también contribuye al bienestar y rendimiento óptimo de los cerdos, adaptándose precisamente a sus características individuales como raza, edad, peso y condición fisiológica.

En la semana 6 de desarrollo, la ganancia de peso promedio fue de 89,76 lb para T2 y 75,76 lb para T1, con una diferencia de 14 lb, sin diferencias estadísticas significativas ($p = 0,1463$), en la semana 12 de engorde, T2 superó a T1 con una ganancia de peso de 151,68 lb frente a 139,52 lb, nuevamente sin significancia estadística ($p = 0,3528$), la conversión alimenticia en la semana 6 fue similar entre tratamientos, con T2 logrando un 3,02% y T1 un 3,11% ($p = 0,7732$) y en la semana

12, T2 tuvo una conversión de 2,74% frente a 2,95% de T1, sin diferencias significativas ($p = 0,3982$).

La calidad de los pellets está influenciada por factores que incluyen a su resistencia durante el transporte y la manipulación, y está influenciada principalmente por el contenido de lignina, la humedad de la materia prima también es determinante, los altos contenidos dificultan la compactación y pueden resultar en pellets friables o quebradizos, la interrelación de estos factores materia prima, humedad, temperatura, presión, durabilidad, y los métodos de procesamiento son esenciales para la producción de pellets de alta calidad.

Métodos como la molienda fina, la granulación y el proceso térmico con vapor incrementan la eficiencia alimenticia al mejorar la digestibilidad y desactivar factores antinutritivos. El paletizado por compresión, que utiliza humedad, calor y presión, también contribuye a mejorar la calidad de los pellets al aumentar la energía de los alimentos mediante la gelatinización de los carbohidratos y al incrementar el contenido de proteínas y la digestibilidad de los nutrientes.

2.4 Discusión de resultados

Los autores de varios trabajos consultados no mencionan el término “técnica” sino más bien, el procedimiento, el cual no cambia en sus pasos y requerimientos, como menciona Loredo (2023) que, la elección del solvente y los grupos funcionales en las moléculas geladoras son determinantes para la formación del gel, también Fernández (2021) destaca la influencia del pH y la concentración de sales en las interacciones proteicas durante la gelificación, afectando la estructura y características finales del gel.

La alimentación con el uso de pellet en cerdos aumenta la ingesta, desarrollo y ganancia de peso del animal, ya que se puede controlar la cantidad y el tiempo de alimentación, como argumenta Colonia (2019) que, la uniformidad en los pellets reduce el desperdicio y mejora la ingesta de nutrientes esenciales, asegurando una dieta balanceada que maximiza el crecimiento y desarrollo de los cerdos, y la adición de geles proteicos fortalece la alimentación en pellet, teoría que se reafirma en el estudio de Carvajal (2023), se reportó una ganancia diaria de peso de 0.8 kg/día y una conversión alimenticia de 3.2 kg en la fase de desarrollo, mientras la

fase de engorde, la ganancia diaria de peso aumentó a 1.2 kg/día, y la conversión alimenticia mejoró a 2.8 kg.

Como en todo proceso que se realice siempre existen factores ya sea físicos o químicos que puedan alterar de alguna manera el resultado y su rendimiento deseado, y en la fabricación de pellet no es la diferencia, como menciona Guzmán y Jiménez (2020) que, la composición de la materia prima, incluyendo el contenido de lignina y humedad, afecta significativamente la calidad del pellet, influyendo en su resistencia y durabilidad durante el transporte y manipulación, de igual manera Godoy (2023) explica que técnicas como la molienda fina y el paletizado por compresión con vapor mejoran la digestibilidad al desactivar factores antinutritivos y gelatinizar los carbohidratos, incrementando así la calidad nutricional del pellet.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

La elección del solvente y los grupos funcionales en las moléculas geladoras, junto con factores como el pH y la concentración de sales, son cruciales en la formación y características finales de los geles, estos elementos determinan las interacciones proteicas y, en última instancia, la estructura del gel.

Estos datos evidencian cómo el uso de pellets y otros agregados optimiza el crecimiento y desarrollo de los animales al reducir desperdicios y asegurar una dieta balanceada, con una ganancia diaria de 0.8 kg y una conversión alimenticia de 3.2 kg en la fase de desarrollo, y 1.2 kg/día y 2.8 kg/kg en la fase de engorde.

La calidad de los pellets se ve afectada por temperatura, humedad y lignina, mientras que la molienda fina, granulación y paletizado por compresión mejoran la digestibilidad y eficiencia alimentaria del pellet desactivando factores antinutritivos y gelatinizando los carbohidratos

3.2. Recomendaciones

Para optimizar la formación y las propiedades de los geles, es esencial seleccionar cuidadosamente el solvente y los grupos funcionales en las moléculas geladoras, se recomienda ajustar el pH y la concentración de sales de manera precisa para mejorar las interacciones proteicas y obtener la estructura deseada del gel.

Considerar y optimizar la formulación asegurando una dieta equilibrada con pellets que pueda maximizar el crecimiento y la eficiencia en la producción, mejorando significativamente los indicadores de los datos obtenidos y optimizar tanto la ganancia diaria de peso como la conversión alimenticia

Para maximizar la productividad en granjas porcinas, es recomendable ajustar la composición de la materia prima, asegurando niveles adecuados de lignina y humedad para mejorar la resistencia y durabilidad del pellet, implementando técnicas como la molienda fina incrementará la digestibilidad y la calidad nutricional del pellet, favoreciendo así su rendimiento durante el transporte y la manipulación.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

- Astudillo, L; Sánchez, A. 2019. Extracción de Almidón a partir del banano (plátano) de categoría II (*Musa paradisiaca*) en estado verde, para la elaboración de colada instantánea fortificada y utilización de su fibra para balanceado de ganado porcino (en línea). Tesis Ing. Química. Universidad de Cuenca. Ecuador. 100 p. Consultado el 03 de jul. 2024. Disponible en <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33521>
- Alcívar, A; Yagual, D. 2019. Aprovechamiento de gandul seco en una formulación base de balanceado destinado a cerdos y pollos de engorde (en línea). Tesis Ing. de alimentos. Escuela superior politécnica del Litoral. Ecuador. 75 p. consultado el 02 de jul. 2024. Disponible en T-111108 Andrea Gianella Alcívar Chiquito & Yagual Ormaza, Denisse.pdf (espol.edu.ec)
- Arceo, A. 2022. Propiedades de gelificación de una mezcla de aislados proteicos vegetales con contenido de aminoácidos para cubrir los requerimientos de adultos mayores (en línea). Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 122 p. Consultado el 17 de jun. 2024. Disponible en RI006632.pdf (uaq.mx)
- Bernal, R; Álvarez, D; Buendía, B. 2019. Evaluación de alternativas alimenticias para cerdos en crecimiento en el Valle (en línea). Instituto de Información Científica y Tecnológica 21(3):356-366. Consultado el 28 may. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869483008/movil/>
- Caicedo, W; Vanessa, M; Estefanía, J; Aguiar, S. 2023. Ensilaje de subproductos agrícolas para la alimentación porcina (en línea). Revista Cubana de Ciencias Agropecuarias 57 Consultado el 27 may. 2024. Disponible en Ensilaje de subproductos agrícolas para la alimentación porcina (sld.cu)
- Caiza Cuzco, JI. 2021. El almidón, su uso y efecto como recubrimiento comestible en la conservación de frutas (en línea). Tesis ING. En Industrias Pecuarias.

Riobamba. Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. 66 p.
Consultado el 11 jun. 2024.

Carajal, R. 2023. Parámetros productivos en cerdos de engorde, alimentados con yuca (*Manihot esculenta*) y banano (*Musa paradisiaca*) como fuentes energéticas en reemplazo parcial del maíz (en línea). Tesis de Ing. Agropecuario. Manabí. Ecuador. Universidad Estatal del Sur de Manabí. 85 p. Consultado el 21 de ago. 2024. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4847>

Cedrovet Nutrición Animal. 10 ene. 2024. Peletización de dietas para cerdos (en línea, blog). Bolivia. Consultado el 15 jul. 2024. Disponible en Peletización de dietas para cerdos - Blog Cedrovet

Chavez, A. 2023. Evaluación del comportamiento productivo en cerdos de engorde alimentados con tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) (en línea). Tesis de Ing. Agropecuaria. Manabí. Ecuador. Universidad Estatal del Sur de Manabí. 75 p. Consultado el 21 de ago. 2024. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5748>

Diaz, G; Jiménez, J; Serrano, H; López, H; Sánchez, P; Montenegro, O. (2021). Manejo no tecnificado de cerdos (*Sus scrofa*) en las regiones Andina, Amazónica y Orinoquía de Colombia (en línea). Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 22(1). Consultado el 21 de may. 2024. Disponible en Vista de Manejo no tecnificado de cerdos (*Sus scrofa*) en las regiones Andina, Amazónica y Orinoquía de Colombia (agrosavia.co)

Diario La Hora. 13 may. 2024. El consumo per cápita de carne de cerdo llega a los 12 kilos por año en Ecuador (en línea, blog). Ecuador. Consultado el 21 may. 2024. Disponible en El consumo per cápita de carne de cerdo llega a los 12 kilos por año en Ecuador – Diario La Hora

Duarte, B. 2019. Evaluación de la respuesta nutricional de un concentrado comercial vs concentrado Amigos For Christ, para cerdos de engorde en sus diferentes etapas de crecimiento, en granja Amigos, carretera los Millonarios-Chinandega (en línea). Tesis médico veterinario. Universidad Nacional

Autónoma de Nicaragua. Nicaragua. 62 p. consultado el 18 de jun. 2024. Disponible en 243370.pdf (unanleon.edu.ni)

Echeverría, E. 2020. Comportamiento del cerdo en etapa de engorde alimentado con alternativas alimenticias en Joa - Jipijapa – Manabí (en línea). Tesis Ing. Agropecuaria. Universidad Estatal del sur de Manabí. Ecuador. 89 p. Consultado el 02 de jul. 2024. Disponible en Emily Dayanna Echeverría Parrales.pdf (unesum.edu.ec)

Fernández, E. 2021. Gelificación de Aislados Proteicos de *Cajanus cajan* (en línea). Universidad Nacional del Nordeste. Consultado el 01 de jul. 2024. Disponible en <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53368>

García, L. 2020. Los hidrogeles como alternativa prometedora en el tratamiento de heridas (en línea). Encuentro con la Química. Investigación Química 6(2): 38-43. Consultado el 02 jul. 2024. Disponible en [encuentro_con_la_quimica_vol6_no2.pdf](#) (wordpress.com)

Godoy Valdiviezo, MJ. 2023. Elaboración de balanceado peletizado más la adición de probióticos para cerdos en la etapa de crecimiento y engorde (en línea). Trabajo experimental de ING. Zootecnista. Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. 83 p. Consultado el 11 de jun. 2024. Disponible en <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/19168/1/17T01863.pdf>

Guanuchi Castro, HI. 2022. Estudio del suero de leche en la alimentación de cerdos en etapa de levante (destete) (en línea). Tesina de Médico veterinario zootecnista. Babahoyo. Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 33 p. Consultado el 10 de jun. 2024. Disponible en E-UTB- FACIAG-MVZ-000071.pdf

Guzmán, C; Jiménez, D. 2020. Efecto de la presentación del alimento en los indicadores productivos en cerdos de engorde (en línea). Tesis. Universidad de la Salle. Colombia. 31 p. Consultado el 18 de jun. 2024. Disponible en [viewcontent.cgi](#) (lasalle.edu.co)

- Loredo, V. 2023. Aplicación de técnicas de machine learning para la predicción de gelificación de organogeladores benzoato usados en remoción de contaminantes en sistemas efluentes (en línea). Tesis Dra. Ciencia de Ingeniería. Instituto Tecnológico de ciudad Madero. Tamaulipas. 154 p. Consultado el 01 de jul. 2024. Disponible en <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6914>
- Llangari, E. 2021. Producción del cerdo criollo en la Región Sierra del Ecuador (en línea). Tesina Ing. Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador. 74 p. Consultado el 17 de jun. 2024. Disponible en <17T01638.pdf> (epoch.edu.ec)
- Martínez, M. 2019. Efecto de la forma del alimento (harina y pellet) sobre parámetros productivos y económicos en lechones destetos (en línea). *Zoociencia* 6(1): 7-13. Consultado el 15 jul. 2024. Disponible en <https://revistas.udca.edu.co/index.php/zoociencia/article/view/1319>
- Pegoretti, H. 2020. Evaluación de propiedades de diferentes especies con potenciales energéticos para la elaboración de pellets de calidad con fines energéticos (en línea). Tesis Dr. Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Chile. 156 p. Consultado el 02 de jul. 2024. Disponible en <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/586>
- Romera, M. 2016. Infografías variadas (en línea, blog). Consultado 16 ago. 2024. Disponible en <https://www.behance.net/gallery/42227557/Infografias-variadas>
- Reinoso Vaca, AC. 2020. Evaluación de la percepción de los profesionales de la salud en relación al consumo de carne de cerdo mediante la elaboración de encuestas en Quito (en línea). Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Quito. Ecuador. Facultad de ciencias de la salud. 151 p. Consultado el 10 de jun. 2024. Disponible en <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12045/1/UDLA-EC-TMVZ-2020-23.pdf>
- Sagaró, F; Ferrer, E. 2021. Alimentación para cerdos de ceba en condiciones locales de agricultura familiar (en línea). *Ciencia en su PC*. 1(4): 22-35.

Consultado el 11 jun. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1813/181371071012/181371071012.pdf>

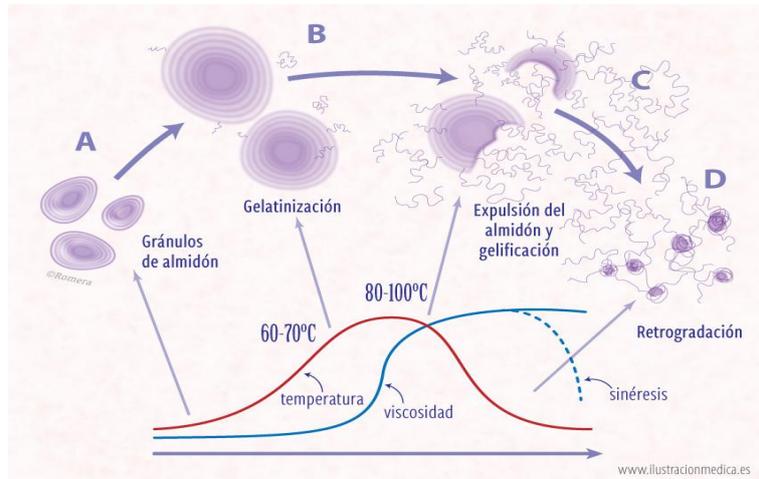
Salvatierra Marchant, IM. 2019. Manual conservación de alimentos. Escuela Hotelería, Turismo y Gastronomía. 93 p. Consultado el 10 de jun. 2024. Disponible en Manual Conservación de alimentos (curriculumnacional.cl).

Trulls, M; Peyrano, F; Acevedo, B. 2019. XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (en línea). Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios. 28 p. Consultado el 21 de may. 2024. Disponible en Capacidad de gelificación de almidones de caupí acetilados (conicet.gov.ar)

Ulcuango Granizo, VH. 2022. Elaboración de Balanceados a partir de productos infrautilizados con *Colocasia esculenta* y *Manihot esculenta* para cerdos en la etapa de engorde (en línea). Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Riobamba. Ecuador. Universidad nacional de Chimborazo. 71 p. Consultado el 11 de jun. 2024. Disponible en Ulcuango_Victor_Elaboración de Balanceados a partir de productos infrautilizados con Colocasia esculenta y Manihot esculenta para cerdos en la etapa de engorde (1) (2).pdf (unach.edu.ec)

Villegas, J. 2022. Evaluación de la calidad seminal de cerdos criollos (*Sus scrofa domesticus*) de la comuna colonche de la zona rural de la provincia de Santa Elena (en línea). Tesina Ing. Agropecuario. Universidad estatal península de Santa Elena. Santa Elena. Ecuador. 41 p. Consultado el 17 de jun. 2024. Disponible en Plantilla para Trabajos Titulación (upse.edu.ec)

4.2. Anexos



Anexo 1: Proceso de gelificación del almidón.

Fuente: Romera (2016)



Anexo 2: Preparación de la fórmula alimenticia.

Fuente: Chávez (2023)