CALIDAD DEL GRÁNULO EN PIENSOS PARA VACAS: FACTORES QUE MARCAN LA DIFERENCIA

Braulio de la Calle Campos

DT Rumiantes Coren Agroindustrial SAU y responsable Departamento Vacuno de Carne en Coren Sociedad Cooperativa

nutrición

En la actualidad, debido a la tendencia cada día más acusada hacia la incorporación de robots de ordeño en las granjas de vacuno de leche, se requiere por parte de los nutrólogos la elaboración de **fórmulas granulables que cumplan una serie de requisitos de calidad,** lo que permite extraer todo el potencial genético y productivo de los animales.

La **granulación** ha sido la principal mejora introducida en la **tecnología de fabricación de piensos** desde la incorporación de la molienda.

Consiste en **someter el pienso en forma de harina a un efecto combinado de compresión y extrusión,** mediante un **proceso mecánico** en el que confluyen fuerzas como fricción, presión y extrusión, junto con incrementos de temperatura.

› Como resultado, se modifican ciertas características de las materias primas y se produce la aglomeración de las partículas, dando lugar a **gránulos o pellets.**

Originariamente, el objetivo de la granulación fue **adaptar la presentación física del pienso a los nuevos sistemas de distribución,** evitando los problemas de fluidez y manejo asociados al uso de harinas.

El proceso consta de **tres fases básicas:**

1 **Acondicionamiento hidrotérmico** de la harina procedente de la mezcladora.

2 **Compresión-extrusión de la harina** en la prensa granuladora, que consta de tres elementos:

- La **matriz,** cuyos orificios determinan la compresión y el tipo de gránulo que se desea obtener.
- Los **rodillos,** que comprimen la harina y facilitan su paso a través de los orificios de la matriz.
- Las **cuchillas cortadoras,** instaladas a la salida de la matriz, que cortan los gránulos a la longitud deseada.

3 **Enfriado-secado de los gránulos.**

Cuando el proceso de granulación se realiza bajo condiciones controladas, especialmente en lo referente a humedad y temperatura, pueden obtenerse mejoras relevantes tanto en la calidad del pellet como en la eficiencia del proceso de fabricación.

nutrición

Beneficios tecnológicos de la granulación

- Mayor gelatinización del almidón.
- Mayor índice de durabilidad del gránulo (PDI, P*ellet Durability Index*) y disminución de la dureza del granulo.
- Reducción de finos.
- Mejoras índices productivos en animales.
- Fijación de la humedad en el pellet terminado.
- Incremento de la digestibilidad proteica.

- Mejora de los índices productivos. (GMD, CMD, IC).
- Menor consumo energético en la granulación.
- Lubricación de las matrices (menor desgaste).
- Consumo energético estandarizado (eliminación de los picos de sierra).
- Mayor producción/hora y disminución de los atascos.
- Mayor eficacia de esterilización de los piensos.

ACONDICIONAMIENTO HIDROTÉRMICO: CONTROL DE VAPOR, HUMEDAD Y TEMPERATURA

El acondicionador es una pieza fundamental en la preparación del producto antes de su entrada en la matriz, ya que permite que la granulación se lleve a cabo en condiciones óptimas.

Las transformaciones físicas y químicas que se producen durante esta fase dependen de la combinación de tres factores principales:

- Temperatura
- Humedad
- Tiempo de retención

La **adición de vapo**r en el acondicionador **incrementa la temperatura de la harina** y, de forma simultánea, **aumenta su humedad.**

El objetivo final es alcanzar la **temperatura más elevada posible,** manteniendo el mayor tiempo de permanencia en el acondicionador, pero **evitando que se produzcan atascos en la granuladora.**

Cada fórmula admite un **rango específico de temperatura y humedad:**

16-17,5 % En general, la **humedad máxima** de la harina a la entrada de la matriz se sitúa entre **el 16 % y el 17,5 %.**

>17,5 % Valores superiores pueden generar una "pasta" que provoca el patinamiento de los rodillos y, finalmente, el atasco de la granuladora.

Resulta imprescindible asegurar una **correcta homogeneidad de la humedad en la mezcla.** Si todos estos factores se equilibran adecuadamente, se logrará una **buena gelatinización de los almidones.**

COMPRESIÓN-EXTRUSIÓN: PROCESO FÍSICO-QUÍMICO DE LA GRANULACIÓN

Durante esta fase, las partículas primarias de la harina se adhieren entre sí para formar estructuras de mayor tamaño, constituidas por múltiples partículas densas y de libre flujo, conocidas como **gránulos,** mediante un proceso que tiene lugar en la **granuladora.**

Proceso físico-químico de la granulación por vía húmeda

La granulación por vía húmeda es el sistema más utilizado en las fábricas actuales de pienso para ganadería y se basa en la **incorporación de agua,** principalmente en forma de **vapor.**

El objetivo final es **ablandar las partículas para facilitar su posterior compactación.**

nutrición

El vapor proporciona:

- Humedad y calor, mejorando la plasticidad de la mezcla y facilitando la compactación de las partículas para formar un **gránulo durable.**
- Energía térmica y química que contribuye a desintegrar parcialmente la estructura del almidón, favoreciendo su **gelatinización.**
- Desnaturalización parcial de las proteínas y reblandecimiento de la fibra, mejorando la **cohesión del gránulo.**

> **A mayor presión y menor tamaño de partícula, mayor cohesión.** En consecuencia, un menor tamaño de molienda se asocia a una mayor fuerza de cohesión.

↑ presión y ↓ tamaño de partícula = ↑ cohesión

↓ tamaño de molienda = ↑ fuerza de cohesión

Fuerzas implicadas en la formación del gránulo

FUERZAS FÍSICAS

Fuerzas de cohesión

Se trata de **fuerzas de atracción entre partículas sólidas,** consideradas menos importantes debido a su tamaño relativamente grande.

La **presión ejercida por los rodillos** sobre la matriz de la granuladora sitúa las moléculas a distancia de enlace, actuando:

- Fuerzas electrostáticas
- Puentes de hidrógeno
- Fuerzas de Van der Waals

Las fuerzas de atracción de Van der Waals son proporcionales al diámetro de la partícula e inversamente proporcionales a la distancia de separación entre ellas.

Fuerzas de entrelazamiento

Las fuerzas de entrelazamiento son de vital importancia para la granulación, ya que la compresión obliga a las partículas a encajar entre sí, produciendo un entrelazamiento mecánico.

- Esta fuerza está directamente relacionada con la relación **longitud/diámetro (L/D) de los orificios de la matriz** y, por tanto, con el **rendimiento y el consumo energético.** Cuanto mayor y más estrecho sea el recorrido que debe atravesar la harina, mayor energía de empuje y mayor tiempo serán necesarios.

Un **alto contenido de fibra** requiere una **gran cantidad de energía** para comprimir la harina hasta alcanzar la densidad del gránulo.

En **materias primas relativamente densas,** como los cereales o la harina de soja, se necesita **menos energía** para la compresión. Por ello, una mayor proporción de cereales favorece el enlazamiento.

FUERZAS QUÍMICAS

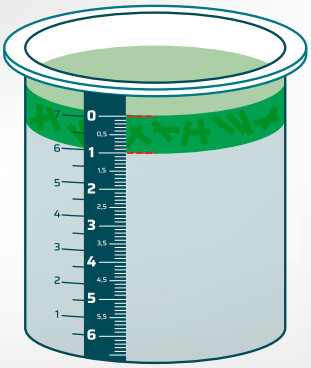
Fuerzas de adhesión

Las fuerzas de adhesión se basan en la **formación de fuerzas capilares por la presencia de pequeñas "gotas" de agua entre las partículas.** Al añadir líquido, se forma una lente de agua con tensión suficiente para mantener unidas las partículas.

- El agua sobrante no ligada debe eliminarse posteriormente durante el enfriado, pero si la velocidad de enfriamiento es excesiva, pueden producirse agrietamientos.

Durante los procesos de mezcla y acondicionamiento, en los que se añade humedad, la densidad de la harina aumenta debido al amasado constante. Esto disminuye el tamaño del poro ocupado por aire y conduce a un estado de adhesión sin necesidad de añadir más líquido.

Un mayor tiempo de homogeneización y retención de la harina húmeda en el acondicionador proporciona una mayor adhesión.



CULTIVA **BIEN**
ALIMENTA **MEJOR**

Ruminology es nuestro método de nutrición de precisión, basado en el análisis QUÍMICO y, sobre todo FÍSICO del forraje.
Sabemos su comportamiento en el rumen y respetamos los principios fisiológicos de los rumiantes.

BESUMA
2023 SL

NUTRISTAR
KEEP FARMING.

NUTRISTAR: nutristarspa | BESUMA: besuma.nutristar
Delegación España: marc.beltran@nutristar.it | 647915221

www.nutristar.it

Tumectación y capacidad de absorción de agua

La tumectación hace referencia a la **capacidad del agua para repartirse homogéneamente y penetrar en la masa de harina.**

Todas las propiedades físicas del alimento se ven afectadas por el agua, por lo que resulta imprescindible una distribución uniforme de la humedad y, para favorecer esta penetración, debe disminuir la tensión superficial.

> En física, se denomina **tensión superficial del agua** a la **cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie,** ya que el agua, al contacto con el aire o con sólidos, tiende a agruparse. Esta tensión es una manifestación de las fuerzas intermoleculares en el agua, conocidas como puentes de hidrógeno.

La tensión superficial, junto con las fuerzas entre el agua y las superficies sólidas en contacto, origina la **capilaridad.**

- Como consecuencia, se produce la penetración del agua en la zona de contacto con el sólido, siendo mayor cuanto menor sea la tensión superficial.

No obstante, **no se debe sobrepasar el nivel máximo de humedad admitida por la harina** (vapor + agua libre), ya que se puede producir un deslizamiento de los rodillos y, finalmente, el atasco de la granuladora. Este nivel máximo de absorción de agua se denomina **capacidad.**

De forma general, este parámetro se determina según el tipo de materia prima:

Puentes sólidos y aglutinación

Los puentes sólidos se forman principalmente por dos mecanismos:

- Endurecimiento de los aglutinantes.
- Cristalización de las sustancias disueltas.

Este es el mecanismo más importante en la formación del gránulo, ya que muchas materias primas empleadas presentan capacidad de aglomeración por sí mismas, debido a la presencia de sustancias que actúan como pegamentos naturales.

ALMIDÓN GELATINIZADO

El almidón gelatinizado se considera el **aglutinante más eficaz y económico,** ya que aporta **fuerza de unión y elasticidad,** contribuyendo a **mejorar la durabilidad del pellet.**

La **pregelatinización** puede iniciarse **a partir de 60 °C** y con aproximadamente **3 % de agua libre.** A continuación, se indican valores orientativos de **contenido de amilosa y temperaturas de pregelatinización** de distintos ingredientes empleados en la formulación de piensos:

- **Trigo:** 26 % de amilosa; 53–65 °C
- **Cebada:** 22 % de amilosa; 56–62 °C
- **Maíz:** 28 % de amilosa; 62–70 °C
- **Avena:** 27 % de amilosa; 56–62 °C
- **Guisante:** 35 % de amilosa; 57–70 °C

El trigo presenta una mayor reputación como aglomerante pese a tener menos amilosa que el maíz, debido a otros factores como su menor contenido en aceite (1,5 % en trigo frente a 3,5 % en maíz).

OTROS AGENTES AGLUTINANTES

Además del almidón, existen otros componentes que favorecen la formación de puentes sólidos:

- **Fibra soluble** (carboximetilcelulosa): forma puentes líquidos que, al secarse, generan puentes sólidos entre partículas.
- **Alcoholes y azúcares** (melaza, productos con lactosa, ácido láctico, glicerina o vinazas): al secarse cristalizan y actúan como aglutinantes endurecidos (caramelización).
- **Gomas** (guar y xantana): polímeros de alta capacidad higroscópica con capacidad gelificante que aportan viscosidad y elasticidad, aumentando la resistencia a la rotura.
- **Arcillas sólidas** (sepiolita, bentonita, sulfato cálcico): incrementan la compresión por su capacidad de hinchamiento y actúan como "cemento" una vez secas.

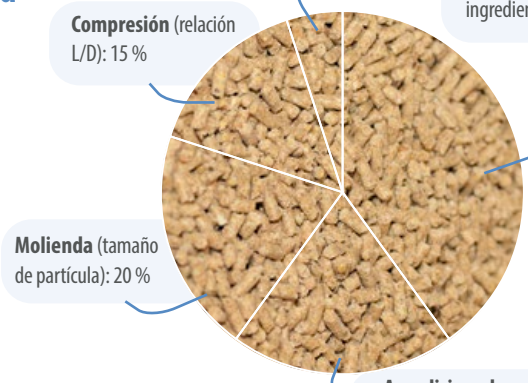
La **adición de grasa o aceite antes de la granulación** es el factor que más **disminuye la cohesión y la adhesión,** ya que crea una **película hidrófoba** que impide la unión entre partículas y lubrica en exceso el proceso, reduciendo la fuerza aplicada.

Factores que afectan a la calidad del granulado

Existen tres factores que determinan en mayor medida la calidad del granulado:

- El acondicionado de la harina.
- La formulación del pienso.
- El tamaño de partícula tras la molienda.

A este respecto, algunos autores proponen la siguiente distribución orientativa de la influencia de estos factores sobre la calidad del pellet:



Actuaciones para mejorar la calidad y el rendimiento

- ✓ Aumento en la ecuación longitud/ancho del dado de la matriz
- ✓ Materias primas con alto factor de granulación
- ✓ Inclusión de arcillas aglomerantes y gomas
- Aumento de la temperatura
- ✓ Aumento de la humedad en fórmulas altas en cereales
- ✓ Homogeneidad de la masa en el acondicionado
- ✓ Reducción de la grasa

- ✓ Disminución de la relación longitud/ancho del dado de la matriz
- ✓ Aumento de grasas y aceites
- ✓ Disminución de la inclusión de arcillas
- ✓ Aumento de la temperatura
- ✓ Aumento de la humedad

ENFRIADO-SECADO DE LOS GRÁNULOS: REDUCCIÓN DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

A la salida de la matriz, el gránulo ya formado y caliente cae al enfriador, donde se **reduce su temperatura** hasta aproximarse a la temperatura ambiente y se **disminuye su humedad** con el fin de **favorecer su correcta conservación.**

14-18 %
60 - 90 ºC

Los gránulos **entran** en el enfriador con una humedad del 14 - 18 % y una temperatura de 60 - 90 ºC.

La pérdida de humedad en el enfriador corresponde aproximadamente a la incorporada previamente con el vapor.

En general, **la temperatura final del pellet no debe superar en más de 5 - 7 ºC la temperatura ambiente.**

A la **salida,** la humedad de los gránulos se sitúa entre el 11 % y el 14 %, mientras que la temperatura desciende hasta 20- 30 ºC.

11-14 %
20 - 30 ºC

CALIDAD DEL GRÁNULO: PARÁMETROS DE CONTROL Y DEFECTOS FRECUENTES

Durabilidad

La durabilidad es el parámetro más importante que se debe evaluar, ya que **el gránulo debe soportar el transporte y la manipulación sin romperse, generando el mínimo porcentaje posible de finos.**

En laboratorio se simula el **recorrido del gránulo desde la salida de la matriz hasta su llegada al comedero** de la granja.

90 % - 90s

La durabilidad se define mediante el PDI expresado como porcentaje. De forma general, un valor óptimo en pienso granulado se sitúa por encima del 90 % a los 90 segundos.

El sistema más utilizado es el **Holmen 100,** un método rápido y versátil que trabaja con **muestras de 100 g** y permite seleccionar tiempos de **ensayo de 30, 60, 90 y 120 segundos.** Por su parte, el **Holmen 200** es una versión más moderna, que incorpora **pesaje y resultados automáticos.**

Dureza

La dureza se define como la **presión (kg/cm²) que el gránulo soporta sin romperse.**

- Este parámetro se mide con un **durómetro** y es importante para determinar **cómo resistirá el almacenamiento y el transporte,** aunque no siempre está correlacionado con la durabilidad.

Valores de referencia por especie:

- **Porcino:** 2,5 - 4,5 kg/cm²
- **Pollo:** 2 - 4 kg/cm²
- **Conejos:** 7 - 9 kg/cm²

Finos

Los finos deben reducirse al mínimo posible, ya que afectan directamente a la calidad final del granulado.

<10 %

Para calcularlos, se realiza un **tamizado del pienso mediante cribas de 2 a 3 mm.** En general, el resultado **no debería superar el 10 %,** considerándose valores entre 5 % y 10 % como un rango medio-alto.

> 70 %

Este porcentaje puede variar notablemente según el punto de muestreo, ya que en fábrica pueden encontrarse valores de hasta un 8 %, mientras que **tras el transporte y el manejo en la granja los finos suelen incrementarse debido al trasiego.**

Por ello, más allá del valor medido en planta, lo realmente importante es que en el comedero se mantenga una proporción suficiente de gránulos íntegros, idealmente superior al 70 %.

Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) es un parámetro que **mide el agua libre que permanece tras el enfriado.**

> El agua libre es aquella que **no está ligada a los nutrientes o estructuras y puede ser aprovechada para el crecimiento fúngico y bacteriano,** así como para favorecer **oxidaciones** y, en último término, la **proliferación de insectos.** Por tanto, **controlar este parámetro garantiza la estabilidad del pienso y evita su deterioro.**

Aunque está relacionada con la humedad, no es exactamente lo mismo. Por ello, el fabricante suele establecer un límite de humedad a la salida del enfriador **por debajo del cual se considera que no existe un exceso de agua libre** (habitualmente 12 - 13 %).

0,65

El valor ideal de actividad de agua se sitúa en torno a 0,65 y no debería superar 0,70.

Una forma efectiva de garantizar que el pellet pierde la humedad sobrante durante el enfriado es mantener **la diferencia de temperatura pellet/ambiente por debajo de 5 °C** (máximo 10 °C) a la salida del equipo.

FORMA DEL GRANULADO: DEFECTOS FRECUENTES Y CAUSAS

La forma y el aspecto del gránulo pueden aportar información muy valiosa sobre el funcionamiento del proceso de granulación.

- Defectos como grietas, deformaciones o texturas irregulares suelen estar relacionados con desequilibrios en el acondicionado, la molienda, la humedad o la compresión en la matriz.

Identificar estos signos a tiempo permite corregir el problema de forma rápida y evitar pérdidas de calidad, aumento de finos o incidencias en la producción. A continuación, se recogen los defectos más frecuentes y sus posibles causas.

Gránulo con forma de abeto

Causa: fórmulas muy fibrosas, molienda deficiente, defecto de humedad o compresión insuficiente en la matriz.

Explicación: se observa con mayor frecuencia en piensos con alto

Recomendación: Revisar las parrillas.

Gránulo con agrietamiento longitudinal

Causa: desmezcla del pienso o alta velocidad de la matriz.

Explicación: la falta de homogeneidad o una compresión excesiva pueden generar grietas longitudinales.

Recomendación: revisar la caída de harinas al silo de la granuladora, añadir más líquidos en mezcladora y reducir la producción de la máquina.

Gránulo curvado o agrietado

Causa: cuchillas mal reguladas.

Explicación: el gránulo presenta una longitud de 3 a 4 veces su diámetro.

Recomendación: Los gránulos deberían romperse por "volteo".

Gránulo con partículas gruesas

Causa: molienda demasiado grosera o parrilla rota.

Explicación: la presencia de partículas grandes dificulta la compactación uniforme del gránulo.

Recomendación: revisar el estado de las parrillas con frecuencia e instalar un cernedor y un imán antes del molino.

Gránulo con vetas

Causa: deformación de los orificios de la matriz por ataque químico, abrasión o desprendimiento de costras metálicas.

Explicación: la alteración de la matriz provoca irregularidades en la superficie del gránulo.

Recomendación: cambiar la matriz.

Gránulo deforme con fisuras

Causa: molturación gruesa.

Explicación: un tamaño de partícula excesivo impide una compactación adecuada y favorece la aparición de fisuras.

Recomendación: moler más fino, mejorar la aireación a lo largo de la parrilla, revisar el estado de los filtros y alimentar el molino a todo lo ancho de la parrilla.

Gránulo con forma de pastillas

Causa: compresión elevada o deficiencia de vapor.

Explicación: el gránulo pierde su forma habitual y aparece más corto y compacto.

Recomendación: añadir grasa en mezcladora, reducir la compresión y asegurar que la diferencia de temperatura entre la harina y el gránulo no supere los 15 °C.

Gránulo con aspecto "velludo"

Causa: exceso de vapor, temperatura elevada o presencia de partículas gruesas de fibra.

Explicación: la fibra larga o una humedad excesiva generan un gránulo con superficie irregular y "peluda".

Recomendación: reducir la presión de vapor y revisar la granulometría de las harinas.

La tendencia actual apunta a una fabricación cada vez mayor de **piensos granulados,** lo que obliga a **formular dietas específicamente diseñadas para ser granulables.** Sin embargo, no todas las fábricas aplican el proceso de granulación de la misma manera, por lo que **los resultados pueden variar significativamente.**

> **Las materias primas evolucionan a lo largo del año y su capacidad o potencial de granulación puede cambiar,** lo que hace necesario **ajustar el proceso y la formulación** en función de sus características.

Calidad del gránulo en piensos para vacas: factores que marcan la diferencia

DESCÁRGALO EN PDF