

ALIMENTACIÓN LÍQUIDA EN GANADO PORCINO¹

Núria Llanes^a y Massimo Gozzini^b

^aCooperativa d'Ivars; ^bNuscience

1.- INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales, el cerdo, siendo un animal omnívoro, siempre se ha nutrido de productos con niveles variables de humedad (verduras, raíces, frutas, bellotas). En las explotaciones porcinas intensivas la técnica de nutrir a los animales con alimentos líquidos tiene una gran difusión desde hace muchos años. Es en este contexto que suele hablarse de alimentación húmeda o líquida. A pesar de que en España la alimentación líquida siempre ha tenido una difusión más limitada que la alimentación en seco, últimamente se está observando un interés creciente en este sistema de nutrición. Este trabajo resume la alimentación líquida y dedica una atención especial a la situación española.

En lo que sigue describiremos los sistemas de alimentación líquida y sus características principales. Además, se analizarán las peculiaridades de este tipo de alimentación en la realidad porcina española, así como sus aspectos prácticos.. Finalmente, se tratará un tipo particular y muy prometedor de alimentación líquida, que es la alimentación líquida fermentada.

2.- DEFINICIÓN

La alimentación líquida puede definirse como la mezcla de una parte de alimento (cereales, vitaminas, minerales, etc.) con dos o tres partes de agua (Plumed-Ferrer y von

¹ Agradecemos a Víctor Díaz Arricivita su relectura del texto

Wright, 2009). De hecho la preparación de la papilla para lechones ya es una forma – aunque sea de las más simples - de alimentación líquida. No obstante, la alimentación líquida puede consistir en mucho más que en una simple mezcla de agua y pienso solo. Efectivamente, una de las características principales de la alimentación líquida radica en la posibilidad de incluir una larga gama de ingredientes. Algunos de estos presentan elevados niveles de humedad, por lo cual sería imposible aprovecharlos en pienso seco. Es en este grupo que se encuentra gran parte de los subproductos (suero de leche, levadura de cerveza, etc.) de la industria de alimentación humana. En áreas donde hay una gran disponibilidad de esos subproductos, por ejemplo en el Norte de Europa, se observa una mayor implicación de este tipo de ingredientes en la composición del alimento para cerdos. En este contexto, el cerdo se ha convertido en un “reciclador”: si los subproductos no fueran implicados en la alimentación animal, deberían echarse y podrían resultar contaminantes. Si los subproductos ofrecen perspectivas económicas interesantes por su bajo coste, al mismo tiempo requieren del desarrollo de sistemas de preparación y distribución específicos. En el apartado siguiente presentaremos las características principales de estos sistemas.

3.- SISTEMAS

Los sistemas desarrollados para la alimentación líquida suelen componerse siempre de las partes siguientes: una “cocina” que comprende los silos para las diferentes materias primas, los tanques de preparación, distribución y agua reciclada y una bomba de alimento. Las tuberías llevan el alimento desde la cocina hasta los corrales donde las válvulas de alimentación permiten dosificar el pienso en los comederos.

Pueden distinguirse principalmente según el modo de suministro del alimento, por un lado, y según la forma de control de su preparación y distribución, por otro.

En función del modo de suministro del alimento, se distinguen dos sistemas: el restringido y el “ad libitum”. En la alimentación restringida, el animal recibe una cantidad definida de alimento que se distribuye en dos o más tomas al día. En el sistema “ad libitum”, en cambio, el animal tiene el alimento a su disposición durante todo el día.

La otra distinción se basa en el uso de sistemas manuales *versus* automatizados para realizar el control de la preparación y la distribución del alimento. El primer sistema es obviamente el más antiguo y el más intensivo en lo que concierne a mano de obra: el operador tiene que estar presente en todas las fases del proceso. En los sistemas automatizados, todas las fases, desde la preparación hasta la distribución del alimento, están controladas por ordenador. De ahí que, a diferencia del control manual, el control automatizado permita, entre otros aspectos, variar las fórmulas de manera más rápida, diferenciar la distribución del alimento en cada corral, trabajar con curvas de alimentación específica para cada grupo de animales, controlar los stocks de materias primas, y todo ello con menos costes de personal.

4.- VENTAJAS E INCONVENIENTES RESPECTO LA ALIMENTACIÓN SECA

Antes de decidirse por un sistema de alimentación líquida, conviene analizar detenidamente las ventajas y los inconvenientes de este tipo de alimentación. De ahora en adelante nos referiremos concretamente a los sistemas de alimentación líquida para cerdos de engorde y restringidos. Cuando sean para otra fase productiva o *ad libitum* se mencionará específicamente.

4.1.- Ventajas

4.1.1.- Mejora de índices productivos

La alimentación líquida mejora considerablemente los resultados productivos respecto al pienso seco. Varios factores influyen de manera positiva en la mejora de estos resultados. Entre otros, la alimentación líquida tiene un efecto más favorable sobre la morfología y fisiología del tracto gastrointestinal (Scholten et al., 2002 ; Hurst et al., 2001). Su aplicación permite aumentar también la ingestión en las etapas más críticas del proceso de producción, como son las fases del destete y de la lactación, así como, más en general, las temporadas con temperaturas elevadas. Además, se ha observado una mayor eficacia de las fitasas (Liu et al., 1997 – Niven et al., 2006). Como puede observarse en el cuadro 1, estas mejoras están bien documentadas:

Cuadro 1.- Cerdos de engorde, productividad con alimento seco vs líquido (adaptado de Bertacchini y Campani 2013)

Fuente	Alimento	G.M.D. (g/d)		I.C.A.	
		Seco	Líquido	Seco	Líquido
Forbes y Walker, 1968	Restringido	700	705	3.14	2.91
Forbes y Walker, 1968	Restringido	764	777	3.34	3.07
Forbes y Walker, 1968	Restringido	659	673	3.46	3.05
Smith, 1976	Restringido	629	635	3.14	3.08
Smith, 1976	Restringido	552	574	3.50	3.32
Nielsen y Madsen, 1978	<i>Ad libitum</i>	604	604	3.01	2.86
Smed, 1994	<i>Ad libitum</i>	655	735	2.96	2.74
Lawlor et al., 2002	<i>Ad libitum</i>	738	750	2.10	2.09
Lawlor et al., 2002	<i>Ad libitum</i>	765	774	2.11	2.04
Brooks et al., 2003	<i>Ad libitum</i>	754	796	2.53	2.27
Hurst et al., 2008	<i>Ad libitum</i>	831	963	2.58	2.53

No obstante, aunque en la bibliografía los resultados productivos se revelan muy convincentes, debe observarse que en la práctica a menudo las diferencias conseguidas no son tan marcadas. En efecto, en el contexto de la alimentación líquida cabe tener en cuenta una serie de criterios a menudo descuidados. Aquí nos limitamos a describir los principales que están relacionados directamente con la nutrición:

a) Dilución agua/pienso

En la fase de crecimiento-engorde las diluciones agua/pienso con las cuales se consiguen los mejores resultados están comprendidas entre 3:1-3,5:1 (Gill et al., 1987 – Hurst et al., 2008). No obstante, bajo determinadas condiciones puede quedar justificado un aumento de la dilución: en formulaciones con un nivel alto de fibra (debido, por ejemplo, al uso de pulpa de remolacha), en formulaciones con una inclusión elevada de subproductos (en particular los que son ricos en sales) o en instalaciones donde la longitud de las tuberías o la capacidad de la bomba no son aptas para la distribución de sopas más concentradas.

En reproductoras se suele aplicar una dilución mayor a 3:1-3,5:1, dado que los requerimientos de agua son superiores y que el pienso está compuesto de niveles de fibra más altos. Pero debe vigilarse no llegar a una dilución demasiado alta, dado que ésta podría dar lugar a un efecto negativo sobre la ingesta diaria de materia seca. Por ello más vale programar tomas suplementarias de sola agua en vez de aumentar demasiado la dilución.

b) Temperatura

El agua que se usa en las explotaciones suele tener una temperatura inferior a la del cuerpo. Por esta razón, su adición puede provocar problemas de termorregulación en los animales, sobre todo durante las temporadas más frías. El esfuerzo por parte de los animales para mantener la homeotermia crea una pérdida de energía con la consecuente reducción de rendimiento. Las temperaturas muy bajas no solo pueden provocar reducciones de la ingesta alimentaria, sino también aumentos de los casos de diarrea. Los lechones son mucho más sensibles a estos efectos que los animales adultos.

c) pH

En la alimentación en seco se sabe que el pH del agua de bebida es un elemento que debe controlarse cuidadosamente. Dado que en la alimentación líquida los animales reciben un buen porcentaje de agua de bebida con el alimento, no es de extrañar que la importancia del pH del agua no deba ignorarse. En efecto, cuanto más aumente el pH y se aleje del valor óptimo (3,5-4,5), más frecuentes serán los casos de diarrea. Nuevamente, los lechones resultan más afectados que los animales adultos.

4.1.2- Alimentación por fases

Los sistemas de alimentación líquida se rigen por curvas de alimentación. Es decir, el sistema se basa en cantidades diarias de MS o de Kcal para un cerdo de un determinado peso.

Esto permite poder ajustarse mejor a las necesidades de los animales en los distintos pesos y fases de producción. Además, el animal no cambia de ración bruscamente de un día para otro, como en muchos casos ocurre en la alimentación seca, sino que se le van introduciendo pequeños porcentajes de la siguiente ración y de esta forma el cambio es más paulatino. En el engorde se suele trabajar con dos raciones, crecimiento y acabado, que se van mezclando en diferentes porcentajes durante toda la fase.

Las raciones se suministran repartidas entre 3 y 5 veces al día en los engordes. Se considera que una curva de alimentación es correcta cuando la variación de consumo diaria para un mismo animal es inferior al 10%.

4.1.3.- Coste de alimentación

La gran ventaja de los sistemas de alimentación en líquido es el ahorro en el coste de la alimentación. Este ahorro va estrechamente unido a la utilización de subproductos de la industria alimentaria. Tanto es así, que cuando la alimentación líquida se basa solo en pienso y agua el ahorro es mínimo o inexistente.

En el caso de la utilización de subproductos el ahorro variará en función de 3 factores:

- a. Precio del subproducto.
 - b. Nivel de subproductos incorporado en la ración.
 - c. Calidad y variabilidad de los subproductos.
- a. **Precio.** La industria de subproductos líquidos en España es más joven y no está tan desarrollada como en el norte de Europa. Esto dificulta la obtención de subproductos de calidad de manera fácil y regular (uno de los mayores inconvenientes de la alimentación líquida). También implica que haya grandes diferencias en el precio entre clientes para un determinado subproducto, lo que indica el grado de inmadurez del sector.

En consecuencia, dependerá de la habilidad y dedicación de cada productor el conseguir mejores o peores, más caros o más baratos subproductos, hecho que influirá directamente en el precio de la ración. Por otro lado, esto permite que aún haya mucho margen de mejora y por tanto de negocio en este sector.

- b. **Porcentaje de inclusión de subproductos.** El factor limitante a la hora de utilizar subproductos es la disponibilidad y la regularidad de entrega de los mismos. La falta de regularidad en el suministro es una de las primeras causas de cese de uso de los subproductos.

Normalmente, a mayor porcentaje de inclusión de subproductos menor es el coste de la ración, pero mayor es el riesgo de sufrir un empeoramiento de los índices productivos debido a la variabilidad y/o la falta de suministro de los mismos o de padecer alguna intoxicación. En los cerdos de engorde las inclusiones de subproductos pueden ser mayores, mientras que en lechones y cerdas se debe ser más conservador (cuadro 2).

Cuadro 2.- Inclusiones máximas recomendadas para subproductos españoles y maíz húmedo ensilado en las distintas fases de producción (Fuente Cooperativa d'Ivars)

	% máximo inclusión SMS			
	Lechones	Engorde	Gestación	Lactación
Pastone	20	50	30	20
Suero leche 5-7% MS	10	15	15	10
Levadura de cerveza	5	15	16	0
Yoghourt	15	20	15	0
Subp. panadería	10	20	20	10
Bagazo de cerveza	0	5	20	10
Okara	5	15	15	0

- c. **Calidad.** Dependiendo de la composición nutricional, de la calidad y de la variabilidad, los subproductos serán más o menos interesantes económica y nutricionalmente. Un subproducto muy rico nutricionalmente pero muy variable suele ser poco interesante mientras que uno más pobre pero constante, si es económico, puede ser rentable.

4.2.- Inconvenientes

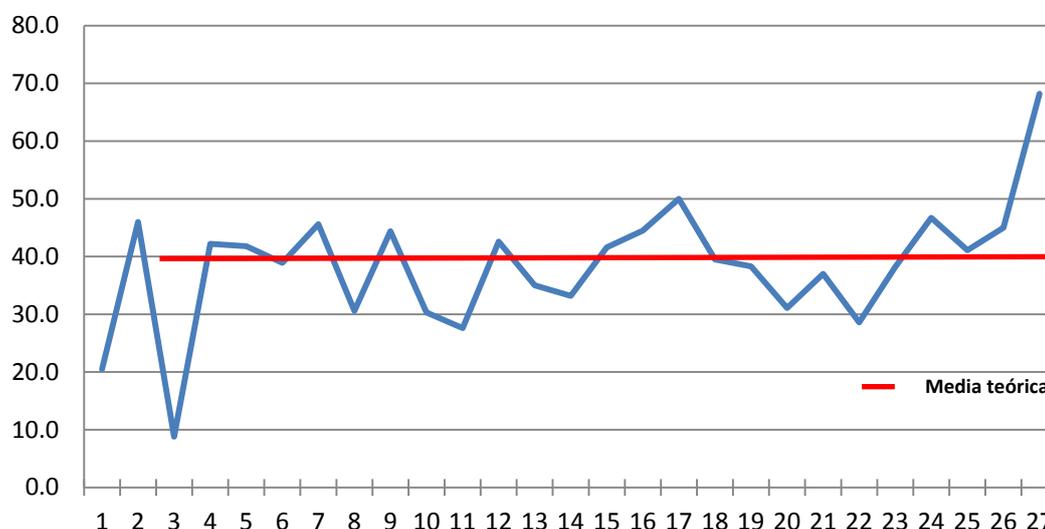
La alimentación líquida que utiliza pienso y agua tiene pocos inconvenientes respecto a la alimentación seca. El coste de la instalación y la cualificación de la mano de obra son unos de ellos. Ahora bien, cuando entran los subproductos en juego, el riesgo y las complicaciones aumentan, tanto más cuanto mayor sea su porcentaje de inclusión. También hay que mencionar que hay subproductos más y menos seguros, o más o menos complicados. En función del tipo de subproducto y del porcentaje utilizado del mismo el riesgo será más o menos alto, y el coste de alimentación más o menos barato, respectivamente.

4.2.1.- Variabilidad en subproductos

La falta de uniformidad en los subproductos es uno de los mayores inconvenientes en alimentación líquida. Dependiendo del proceso de obtención del subproducto, esta variabilidad será menor o mayor, y podrá así afectar al porcentaje de MS y/o a su composición nutricional. Así, por ejemplo, el suero de leche de una quesería determinada suele ser poco variable ya que el proceso de producción será siempre el mismo. En cambio, un yoghurt líquido, que se obtiene de mezclar los derivados lácticos que se recogen en las grandes superficies, lo suele ser mucho más (figura 1).

Esta variabilidad junto con el precio del subproducto y su disponibilidad determinará el porcentaje de inclusión del mismo en la ración. A más inclusión de subproductos variables, más grandes suelen ser los márgenes de seguridad en la fórmula, y menos ventajoso es el subproducto a nivel económico.

Figura 1.- Resultados de PB estandarizada al 88% SMS de muestras de levadura de cerveza analizadas en *Cooperativa d'Ivars* durante el 2009. (II Congreso Anavepor, 2010)



Para controlar esta variabilidad, el primer parámetro a analizar sería la MS. Es imprescindible determinar la MS de los subproductos a la descarga, en la misma explotación, y modificarla en el ordenador si varía sustancialmente. De esta forma aseguramos que la ración tenga la MS estipulada. Otra razón importantísima para controlar la MS de los subproductos es el coste de los mismos. Cuando compramos un subproducto estamos comprando MS, no agua, por lo que es importante saber su contenido y ligar su precio a este parámetro. Los subproductos líquidos deberían pagarse por punto de MS (cuadro 3).

Cuadro 3.- Variabilidad en la composición de distintos subproductos y materias primas (Adaptado de Brooks y McGill, 1995)

	MS (g kg ⁻¹)	PB (g kg ⁻¹ MS)	ED (MJ kg ⁻¹ MS)
Yoghourt	22-191	139-389	17,3-21,8
Suero	20-58	115-234	13,4-15,9
Suero delactosado	210-406	206-293	6,8-15,1
Leche	126-193	211-396	14,6-24,3
Residuo de trigo	155-193	207-258	12,6-17,2
'C' Almidón	133-159	68-106	15,6-16,2
Residuo avícola	84-239	211-364	16,2-23,5
Harina de galleta	87-95	76-126	15,4-17,9
Gluten de maíz	87-90	203-227	12,7-13,1
Soja 47	87-90	421-514	12,9-16,2

A parte de la MS también deben analizarse otros parámetros nutricionales. Éstos serán específicos de cada subproducto y deberán analizarse con más o menos frecuencia dependiendo de su variabilidad (PB, GB, FB, cenizas, almidón, Na, Ca, P, etc). De la mayoría de los subproductos no hay matrices publicadas, y cada nutrólogo tendrá que construirse las suyas propias en base a los valores analizados. Braun y De Lange (2004) proponen la suma de la energía de los distintos nutrientes analizables de un determinado subproducto como una buena aproximación de la energía digestible final. (cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido nutricional determinado (% MS), digestibilidad estimada de los nutrientes (%) y energía digestible estimada (ED, MJ/KgMS) para los principales ingredientes líquidos usados en alimentación porcina en Ontario (Adaptado de Braun et al., 2004)

	Destilados solubles de maíz (almacenado)	Suero de leche (fresco)	Permeato de suero condensado (fresco)		Subproducto de panadería (fresco)	Sirope de azúcar (fresco)	Levadura de cerveza (almacenada)
			2	3			
MS, %	27,2	5,4	31,1	22,5	92,7	69,2	12,5
Composición Nutricional ¹							
Cenizas	10	12,3	11,06	7,62	7,61	0,42	7,55
Proteína Bruta	25,2	13,3	8,18	2,97	15,21	0,32	52,42
Grasa Bruta	22,4	0,3	1,06	0,29	10,89	1,83	2,62
Almidón	6,8				38,2	0	5,7
Azúcares	1,2				9,4	82,8	0,2
Lactosa	0	60,6	62,6	67,9	0	0	0
Ac. Acético	1,66	0,15	0,79	0,05		0,01	0,7
Ac. Láctico	15,4	14	1,1	1,4			
Ac. Propiónico	0,88	0,05	0,13			0	0,59
Ac. Butírico	0,01	0,06	0,02			0	0,01
Alcohol							
MO Restante	16,45	0	15,06	19,77	18,7	14,6	30,21
Digestibilidad nutricional ²							
Proteína Bruta	86 ³	87	87	87	78,5 ⁴	80	82
Grasa Bruta	70	79	79	79	81,5	60	71
Almidón	100				100		100
Azúcares	100	100	100	100	100	100	98
Ácidos orgánicos	100	100	100	100	100	100	100
MO Restante	70	78	78	78	53	100	97
DE							
Calculada ⁵	17,2	15	14,7	14,8	16,1	16,8	16,7
NRC (1998)	15,1	14,54		14,97	18,11		14,96

¹Valores del muestreo en Ontario (cuadros 1 a 3).

²Digestibilidad de los nutrientes derivadas del CVB (2003)

³Los valores representan valores para maíz excepto para la proteína y la materia orgánica restante, para los cuales se usaron los valores de los destilados condensados de maíz más los solubles.

⁴Los valores de digestibilidad representan la media entre harina de pan y harina de galleta.

⁵Basados en el contenido de nutrientes digestibles y en la EB de los nutrientes (cuadro 6).

4.2.2.- Manejo y conservación de los subproductos

Los **subproductos sólidos** suelen tener una mejor conservación que los líquidos. Los microorganismos necesitan agua para desarrollarse y en los sólidos ésta se encuentra en poca cantidad. Aun así, hay ciertos parámetros de calidad que deben controlarse, como el enranciamiento de las grasas, el contenido en hongos y micotoxinas y otros metabolitos que pueden ser peligrosos, como el cianuro en la torta de almendras. Dependiendo del subproducto y de su obtención, se analizarán unos parámetros u otros.

Los **subproductos líquidos** son más perecederos que los sólidos. Su alto contenido en agua hace que las fermentaciones sean inevitables, pero si además las temperaturas son elevadas (como suelen serlo gran parte del año en España), las bacterias y levaduras se multiplican a gran velocidad. Estos microorganismos se alimentan de la materia seca del subproducto con lo cual cuando las fermentaciones ocurren en gran cantidad el contenido en MS disminuye rápidamente (Scholten B., 2001, Braun y De Lange, 2004). También disminuye su contenido nutricional (PB, almidón, lactosa, etc) y varía el contenido en ácidos orgánicos (ac. láctico y ac. acético) y pH (Scholten B., 2001). Esto no sólo supone un coste a nivel económico, sino que también puede serlo a nivel productivo. Si no se detecta y corrige el problema, los animales pueden disminuir el consumo, rechazar la sopa e incluso morir.

Las bacterias, sobre todo los coliformes, también degradan los aminoácidos de los subproductos rápidamente, en especial los aminoácidos libres. Pedersen et al., (2002) demostró que a las 24h de almacenamiento de la sopa un 17% de la lisina añadida había desaparecido. Dependiendo del sistema de alimentación líquida usado (en función del mismo puede haber más o menos fermentaciones) y de los subproductos empleados, estas pérdidas serán mayores o menores.

Por eso es importante, por un lado controlar las fermentaciones, con el uso de ácidos orgánicos y sus sales que bajen el pH, y por otro dar rotaciones altas a los subproductos. Por regla general un subproducto líquido no debería estar más de 7 días en la explotación. También es importante dejar vaciar completamente los tanques entre descargas. Si queda un remanente de producto en el tanque y se descarga producto fresco encima, éste actúa de acelerador de las fermentaciones (cuadro 5).

Cuadro 5.- Carbohidratos (%MS) de subproductos frescos y almacenados (Braun y De Lange, 2004)

Muestra		n	PNA		Lactosa	Azúcares totales
			totales ¹	Almidón		
Suero 1- almacenado	Media ± DS	4	na	na	37,3±31,7	38,2±31,7
	Min-Max				6,6-65,4	7,4-66,4
Suero 1- fresco	Media ± DS	2	na	na	60,6±3,0	61,4±3,7
	Min-Max				58,5-62,7	58,8-64,0
Suero 2- almacenado	Media ± DS	5	na	na	56,3±13,3	59,2±13,1
	Min-Max				33,6-68,3	37,2-72,1
Suero 2- fresco	Media ± DS	5	na	na	62,6±6,3	65,1±7,1
	Min-Max				52,3-68,2	52,9-70,8
Suero 3- almacenado	Media ± DS	3	na	na	45,6±19,0	48,3±18,6
	Min-Max				30,5-67,0	32,6-68,8
Suero 3- fresco	Media ± DS	3	na	na	67,9±1,5	69,6±1,7
	Min-Max				66,9-69,5	68,6-71,5
CDS*- almacenados	Media ± DS	5	5,5±1,2	6,8±1,1	na	1,2±1,2
	Min-Max		3,5-6,7	5,1-7,9		0-2,7
CDS* - frescos	Media ± DS	5	6,1±0,2	9,9±2,0	na	3,5±0,3
	Min-Max		5,9-6,3	7,7-12,2		3,2-3,99
Sub. panadería-almacenados	Media ± DS	3	7,0±2,6	35,9±10,2	na	11,9±1,2
	Min-Max		5,03-10,0	24,1-41,9	na	11,1-13,2
Sub. panadería-frescos	Media ± DS	3	7,9±3,0	38,2±2,6		9,4±7,2
	Min-Max			35,3-39,8	na	9,0-10,2
Sirope azúcar-almacenado	Media ± DS	3	na	na		69,4±10,1
	Min-Max				na	58,8-78,8
Sirope azúcar-fresco	Media ± DS	3	na	na	na	82,8±9,1
	Min-Max					72,8-90,5
Levadura c. – almacenada	Media ± DS	3	16,2±0,6	5,7±1,3	na	0,2±0,3
	Min-Max		15,6-16,7	4,8-7,1		0-0,6
Sub. mantequilla-almacenada	Media ± DS	3	na	na	6,1±4,3	7,9±5,5
	Min-Max				1,3-9,6	1,8-12,4

* Solubles Destilados de Maíz; ¹PNA - Polisacáridos no amiláceos

4.2.3.- Intoxicaciones

Los subproductos llevan concentrados muchos nutrientes y metabolitos, a veces beneficiosos para los animales pero otras peligrosos en determinadas circunstancias. Estos últimos no siempre se conocen. Es por ello que las intoxicaciones son más frecuentes que en el sistema de pienso seco. Por ejemplo, el suero de leche puede llevar grandes

cantidades de sal. Si los cerdos no disponen de acceso libre al agua, pueden llegar a sufrir una intoxicación por sal. En otros subproductos, por ser únicos y poco analizados, se desconoce si pueden contener algún nutriente peligroso. Por eso es de gran ayuda, delante de un subproducto nuevo, conocer bien su proceso de obtención y manejo hasta la explotación.

El uso de determinados subproductos en grandes cantidades lleva implícito este riesgo, y el productor debe saberlo.

4.2.4.- Curvas de alimentación y control de comederos

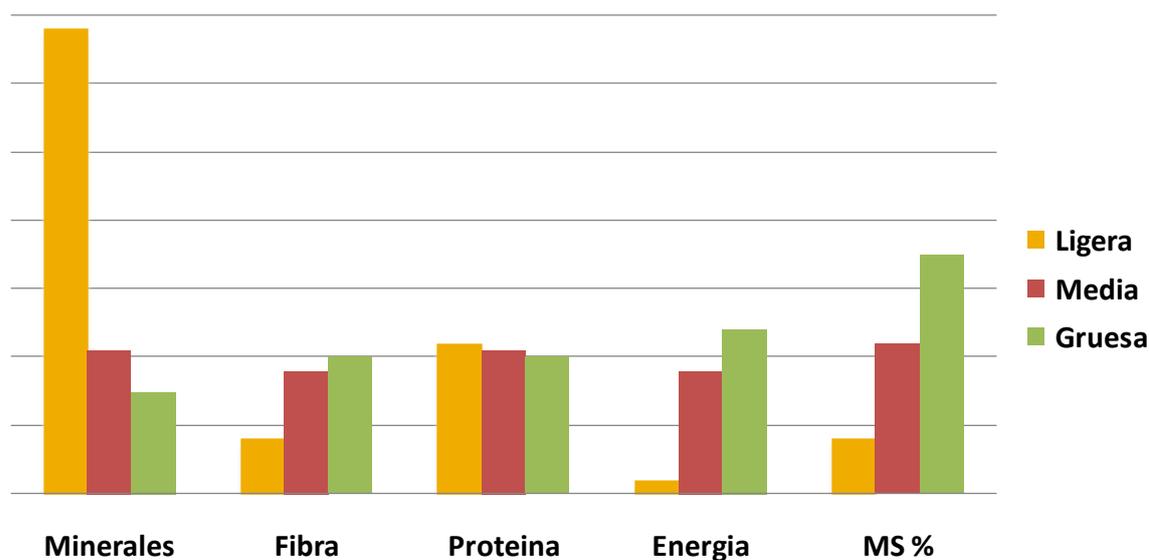
Las curvas de alimentación no són estáticas y deben ir adaptándose tanto a la genética como a las condiciones ambientales de cada explotación. Por eso, al final es el propio granjero, junto con el asesoramiento del técnico, quien debe construirse sus propias curvas de alimentación. Es un trabajo laborioso que implica revisar todos los comederos después de cada comida, anotar su estado y trasladar luego este dato al ordenador, modificando la curva si es preciso. Por regla general, se considera que a la media hora de haber dado la comida los comederos deberían estar limpios. Esta regla deja de ser práctica cuando los cerdos no pueden comer todos a la vez. Si este es el caso, se debe aumentar o disminuir la cantidad de MS para la próxima comida, según convenga.

4.2.5.- Control de la MS y desmezcla de los nutrientes en la distribución de la sopa

El control periódico de la MS de la ración es de vital importancia para asegurar buenos resultados a nivel productivo. El primer punto donde debe analizarse es a nivel de mezcladora. Si aquí el resultado es diferente del teórico, probablemente tenemos un problema en la MS de los subproductos o en las células de pesaje. A continuación debe analizarse la MS en al menos tres puntos distintos del circuito de distribución. Se considera una distribución homogénea si no hay más del 5% de diferencia entre la MS de la mezcladora y la de los distintos puntos (Braun y De Lange, 2004). Aunque en los sistemas de alimentación nuevos estas diferencias se van minimizando, continúa siendo un problema en los antiguos. El alimento a veces no se distribuye uniformemente entre la primera y la última válvula, pudiendo llegar a diferencias de hasta el 74% respecto a la MS de la mezcladora (Braun y De Lange, 2004). Esto puede acarrear consecuencias económicas graves si no se detecta y resuelve a tiempo. Debe comprobarse periódicamente el estado de las palas de la mezcladora y de los sistemas de distribución y cambiarlos si es necesario, ya que muchas veces las desmezclas son causadas por falta de mantenimiento en la instalación.

A parte de la homogeneidad en la distribución, es importante evitar la segregación de los componentes de la sopa. Se ha demostrado que no hay los mismos nutrientes en la fracción líquida que en la sólida (Figura 2). Los minerales se concentran en la fracción ligera mientras que la MS lo hace en la gruesa, con todo lo que esto puede comportar a nivel productivo. El uso de subproductos o materias primas con capacidad ligante (yoghourt, sueros, pastone) o aditivos con capacidad reológica (sepiolitas) puede ayudar en el problema.

Figura 2.- Composición nutricional de las distintas partes segregadas de la sopa (CEHAVE)



La segregación cobra especial importancia si en nuestro sistema no pueden comer todos los cerdos a la vez y tenemos que dejar sopa sobrante para algunos animales, y en los lechones y cerdas lactantes, especialmente sensibles a cualquier cambio.

5.- ALIMENTACIÓN LÍQUIDA EN ESPAÑA

5.1.- Particularidades

La alimentación líquida en España ha sido importada del norte de Europa. Los sistemas han sido desarrollados según el clima, manejo y necesidades norte europeas y a veces no se adaptan a la realidad del sur. Esto comporta que en algunos aspectos tengamos más dificultades de adaptación (agua, fermentaciones) o sea necesario modificar parámetros para que el sistema funcione en nuestras condiciones. Otro aspecto importante a destacar es el desconocimiento del sistema por parte de muchos técnicos de nuestro país, consecuencia de lo poco implantado que está en España respecto de otros países.

Las industrias gestoras de subproductos líquidos en España son pocas y jóvenes. Esto conlleva una falta de oferta en subproductos, distancias demasiado largas entre proveedor y cliente y falta de estandarización y de información sobre el subproducto en sí. Aunque a priori tenemos los subproductos más baratos que en el norte de Europa, las dificultades citadas anteriormente al final suponen un coste para el productor. Se necesitan márgenes de seguridad más amplios en las fórmulas, hay un empeoramiento de los índices productivos y muchas veces no se puede disponer de todo el subproducto necesario para bajar el precio de la fórmula significativamente. Afortunadamente tanto las industrias como los productores son, cada día, más profesionales.

Las altas temperaturas que tenemos en España también son un problema, en especial con determinados subproductos. En general, aceleran las fermentaciones y dificultan el manejo de ciertos de subproductos en verano. El yoghourt se encuentra entre los más afectados, pero todos las sufren en mayor o menor medida (cuadro 6).

Cuadro 6.- Cambios que ocurren en el suero cuando se almacena a distintas temperaturas. (Crawshaw et al., 1976)

Temp.	pH			Lactosa %			Ácido láctico %		
	1° C	20° C	Ambiente	1° C	20° C	Ambiente	1° C	20° C	Ambiente
Dia 0	5,4	5,4	5,4	4,71	4,71	4,71	0,22	0,22	0,22
Dia 1	5,4	4,7	5,2	4,71	4,37	4,78	0,21	0,48	0,31
Dia 2	5,4	4,6	5,2	4,78	4,31	4,78	0,21	0,58	0,34
Dia 3	5,4	4,3	5,1	4,71	4,17	4,58	0,21	0,62	0,32
Dia 4	5,4	4	5,1	4,71	3,77	4,44	0,21	0,68	0,38
Dia 7	5,4	3,9	4,9	4,71	2,69	3,7	0,19	0,68	0,41

5.2. Tipos de subproductos y materias primas húmedas: control de calidad y manejo

Los **subproductos** más utilizados en España suelen ser los derivados lácteos (sueros, iogourt y sus mezclas) los derivados de la industria del alcohol (levadura y bagazo de cerveza) y los subproductos de la industria del pan y la bollería (harina de pan, de galleta y sus mezclas). A parte de éstos, hay muchos más, no tan generalizados, pero también usados en ciertas granjas, como los subproductos de la industria de la patata, subproductos de la industria de la transformación de la soja, frutos secos, caramelos, etc. (cuadro 7).

Como **materias primas** especialmente usadas en este tipo de alimentación está el maíz húmedo fermentado también llamado “pastone”.

Cuadro 7.- Características nutricionales y de calidad de los subproductos líquidos más utilizados en España y del maíz húmedo ensilado “pastone” (Cooperativa de Ivars)

	MS	PB	GB	CENIZAS	LACTOSA	pH
Suero leche concentr. *	25±5	12,5±1,3	1,6±,7	6±0,5	40±5	3-5
Suero leche *	5,5±1,5	16,7±4	13±4	8,3±0,5	38±10	3-5
Levadura de cerveza	12±4	38,4±10	ND	ND	ND	4-5
Yoghourt 14%	14±6	20,2±4	17,6±7	5,3±1	24±10	3,5-4,5
Pastone	60-70	7-8	3-4			4-4,5

*Los valores nutricionales pueden variar de un proveedor a otro.

5.2.1.- Suero de leche

El suero de leche es un producto resultante de la producción de quesos. Hay una gran variedad de quesos que resultan en una gran variedad de sueros, que difieren

sustancialmente tanto en MS como en su composición nutricional. En general se diferencian dos tipos de sueros, los sueros ácidos, procedentes de la producción de queso duro y con un pH < 5, y los sueros dulces, procedentes de los quesos blandos y con un pH de 5.

A su vez, existen sueros concentrados (20-30% MS) y no concentrados. El suero de leche no concentrado (5-7% MS) tiene la limitación del transporte. En distancias largas el producto no es económico, ya que básicamente se transporta agua. Los sueros concentrados soportan mejor las distancias largas. Además del bajo contenido en MS, que puede ser un inconveniente en sí mismo, los sueros suelen ser altos en minerales, sobre todo en sal (hasta más de un 10% NaCl SMS). Si los cerdos disponen de agua a libre disposición, éste no es un problema, pero en aquellos sistemas donde los animales no disponen de agua *ad libitum*, la sal puede causar graves intoxicaciones.

El control de calidad del suero debe incluir el análisis de MS, PB, GB, LACTOSA y la sal. Por otro lado, los sueros son ricos en calcio y fósforo, valores también a analizar, aunque con menor frecuencia.

El suero suele ser un producto ácido que ayuda a bajar el pH de la sopa final. Esto hace que no sea especialmente problemático de conservar. Pero como todo subproducto líquido, cuanto más fresco se consuma mejor, sobretodo en verano que es cuando más pueden proliferar las fermentaciones. Además, es un producto que ayuda a homogeneizar la sopa y a evitar la segregación de sus componentes.

La introducción de suero de leche a animales adultos debe hacerse poco a poco. Los cerdos van perdiendo la capacidad de digerir la lactosa (lactasa) con la edad, y dar suero en porcentajes altos a cerdos adultos puede causar diarreas si no se introduce gradualmente.

5.2.2.- Yoghourt

El yoghurt resulta de la mezcla de derivados lácticos procedentes de las recogidas periódicas en las grandes superficies, tanto de producto caducado como de envases rotos o aplastados. En las plantas procesadoras, se separan del embase y se mezclan los distintos productos. Debido a la variabilidad de estos productos (yoghurt, natillas, leche, etc) el contenido nutricional del yoghurt suele ser muy variable. Dependiendo del derivado lácteo mayoritario contendrá más o menos GB y/o PB. La MS es menos variable. Aun así, es un producto de gran apetencia y valor nutricional. Además, por su viscosidad y contenido en lactosa, favorece la uniformidad y evita la segregación de la mezcla.

El control de calidad, además de MS, PB, GB y lactosa debe incluir las cenizas. Es complicado retirar al 100% los restos de envases y a veces puede contener restos de cristales y plásticos en cantidades importantes. El pH del yoghurt también es indicativo de su frescura y no debería ser superior a 5. El yoghurt también aporta ácido láctico y bacterias lácticas beneficiosas para la salud intestinal aunque, debido a su variabilidad, son de difícil cuantificación.

El yoghurt, sin embargo, tiene un problema grave en España, sobretodo en verano: un exceso de fermentaciones debido a las altas temperaturas. Esto implica tener que hacer rotaciones de producto muy altas en las explotaciones (no más de 3 días) o dejar de consumir el producto en verano.

5.2.3.- Harina de galleta y subproductos de panadería

La harina de galleta y los subproductos de panadería se usan tanto en la alimentación líquida como en las fábricas de pienso. Son subproductos con una MS elevada, lo que les confiere una buena conservación. Su contenido nutricional en cambio puede ser muy variable, dependiendo de los productos que lleven: pan, galletas, chocolate, bollería, caramelos, etc. El contenido en PB y GB variará según su composición mayoritaria. El control analítico debe incluir MS, PB, GB, FB y cenizas para intentar ajustar bien la energía.

Este tipo de subproductos puede enranciarse, especialmente en verano y dependiendo del nivel de grasa, y también enmohecerse dependiendo de las condiciones de conservación. Puede ser necesario un molino para moler el producto dependiendo de la forma física en la que llegue a la explotación.

5.2.4.- Levadura de cerveza

La levadura de cerveza junto con el suero era uno de los productos más usados en la alimentación líquida porcina en España. Últimamente las industrias cerveceras han desviado parte de la levadura líquida a secaje para venderla luego en el mercado de alimentación y farmacia humanas. En consecuencia, en los últimos 5 años cada vez es más complicado obtener regularmente levadura de cerveza y su precio muchas veces no es competitivo.

La levadura de cerveza contiene alrededor del 11 al 16% de MS. Tiene un alto contenido en PB (44-50%) de elevado valor biológico pero muy variable, y una porción de alcohol significativa (3-5%) que le confiere energía. Además, es un producto rico en vitaminas del grupo B y en fósforo.

La levadura de cerveza puede llegar a las explotaciones *muerta* o *viva*. En el primer caso, es la industria cervecera que inactiva la levadura mediante calor, reduciendo así las fermentaciones. En el caso en que llegue viva, debe inactivarse inmediatamente con ácidos orgánicos, fórmico o mezclas que lo contengan. Puede llegar a fermentar de tal forma que puede desbordar los tanques de almacenamiento. Cuando fermentan, las levaduras usan la MS para producir alcohol y CO₂, y la calidad nutricional de la levadura desciende rápidamente. Además, sigue fermentando en el animal, sobre todo si se combina con azúcares, como por ejemplo la lactosa, provocando cerdos hinchados o muertes súbitas por enterotoxemias. Tampoco es recomendable darla a cerdas en lactación ya que suele causar diarrea en los lechones.

Las fracciones sólida y líquida de la levadura tienden a separarse rápidamente, por eso debe mezclarse antes de ser usada, pero no excesivamente, ya que el aporte de oxígeno favorece las fermentaciones.

Es un producto apertente pero requiere acostumbrar a los cerdos paulatinamente si se quiere ir a niveles altos. Un exceso de levadura puede causar intoxicación por alcohol.

5.2.5.- *Otros: okara, torta de almendra, bagazo de cerveza, etc*

Hay muchos otros productos que son usados en las explotaciones pero de forma menos generalizada que en los anteriores. Por citar algunos está la **okara**, resultante de la elaboración de productos derivados de la soja (leche de soja, tofu, etc). Tiene una MS entre 14 y 20%, un contenido alto en GB y PB y también en FB. Fermenta fácilmente por lo que debe estabilizarse al llegar a la explotación y consumirse rápidamente.

La **torta de almendra** y otros frutos secos. Resulta de la extracción del aceite de almendras para cosmética. Lo que queda es un producto seco con un alto contenido en PB y FB. La fibra además es muy lignificada, lo que limita su inclusión en raciones para cerdos de engorde. Puede contener niveles altos de micotoxinas y también de ácido cianhídrico, el cual puede causar hipoxia y muerte a los animales.

El **bagazo de cerveza**, procedente del malteado de la cebada, se usa básicamente en rumiantes pero puede ser usado en cerdas gestantes sin problemas. Tiene un contenido en MS de entre el 20-25%, un contenido alto en PB, FB y fósforo y bajo en energía. Debe consumirse fresco o ensilado.

5.2.6.- *Pastone o maíz húmedo fermentado*

El pastone es el grano de maíz ensilado con una humedad del 30-40%. Puede ensilarse solo, o el grano y el zuro juntos. En este segundo caso el producto es menos energético y más fibroso, y es más usado en vacuno y cerdas.

El proceso de fermentación y estabilización dura dos meses aproximadamente. El producto final es ácido ($\text{pH} < 4,5$) y nutricionalmente más digestible que el maíz, tanto en energía como en PB. Al ser un producto fermentado, ayuda a bajar el pH a nivel del estómago y aporta ácidos orgánicos, en especial ácido láctico, con todas las ventajas a nivel de salud intestinal que esto comporta (cuadro 8).

El control de calidad del pastone debe ser organoléptico y analítico. A nivel organoléptico es importante el aspecto uniforme, sin manchas que indiquen crecimiento de hongos, y el olor, que sea a láctico y no a vinagre o a butírico. El olor es muy indicativo de malas fermentaciones. A nivel analítico, es importante analizar MS, PB, pH y almidón. A nivel microbiológico, hongos y levaduras.

El pastone se puede utilizar tanto en lechones, en cerdas y en engorde sin limitaciones, siempre y cuando la fermentación sea correcta y el producto sea siempre fresco del día. Si no ha fermentado correctamente, es preferible usarlo sólo en engorde. El

pastone es una gran materia prima que tiene más ventajas que inconvenientes. Si se dispone de terreno agrícola donde practicar el doble cultivo casi siempre resulta rentable. Si se tiene que comprar, no siempre se acertará en el precio frente a otros cereales.

Cuadro 8.- Digestibilidad de los nutrientes del maíz seco (MGS), ensilado (MGHE) e inerte (MGHI) para el cerdo de engorde. (Vilariño et al., 2012).

	MGS	MGHI	MGHE	ETR	ANOVA
Digestibilidad fecal (%)					
MAT	79,2 b	82,7 a	84,4 a	1,5	***
EB	85,2 b	85,7 b	88,4 a	1,3	**
MGh ²	51,3	52,2	80,5		
ED (kcal/ kg MS)	3854 b	3907 b	4019 a	59	**
Digestibilidad ileal aparente (%)					
MO	79,9 b	83,7 a	85,4 a	1,4	**
EB	77,3 c	80,8 b	83,8 a	1,5	***
Almidón	96,5 b	98,3 a	99,0 a	0,8	**
MGh	57,1 c	71,7 b	84,9 a	6,1	***
ED (kcal/kg MS)	3512 c	3667 b	3831 a	67	***
Digestibilidad ileal estandarizada (%)					
Lys	70,0	70,5	73,4	3,5	NS
Thr	73,5	77,9	80,2	3,4	NS
Met	86,3 b	89,8 ab	92,3 a	2,2	*
Cys	84,2	86,9	87,7	3,0	NS
TRp	70,7	73,4	76,1	6,0	NS
∑ AA (sin Prolina)	84,4	87,4	89,3	2,4	NS

ANOVA: Efecto del tipo de conservación del maíz; NS : $P > 0,05$; * : $P < 0,05$;

** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$; ETR : desviación estándar residual ; a,b,c : En la misma línea, las letras diferentes indican medias diferentes (test de Newman y Keuls, $P < 0,05$) ; 2 grupos de excreción por tratamiento

5.2.7.- Agua

Las temperaturas en España son muy distintas de las temperaturas en el norte de Europa. Los tipos de explotaciones, los edificios, los sistemas de ventilación y el peso de los animales también lo son. Los sistemas de alimentación líquida han sido desarrollados en los países norte europeos y de allí nos llegan la mayoría de las recomendaciones. Esto hace que debamos ser cautos y no siempre aplicar al pie de la letra lo que nos viene escrito, sino usar el sentido común. Para empezar, aunque la normativa europea impone los chupetes, en la realidad se observa que en muchas explotaciones españolas con alimentación líquida no disponen de ellos, o sea que los animales no tienen acceso libre al agua. Esta práctica, que era común en Europa hace 10 años, ha dejado de serlo cuando se ha demostrado que no por tener agua libre los animales comen menos. Además, el disponer de agua a libre disposición permite usar niveles más altos de subproductos ricos en minerales. Pero la falta de agua *ad libitum* es más grave en España

que en Europa, debido a las altas temperaturas. Por ello en ocasiones ocurren casos graves de intoxicación por sodio. Aun así, aún quedan explotaciones sin chupetes funcionales, con el riesgo y la dificultad que esto conlleva en la productividad.

Otra práctica común es la de sobredimensionar los sistemas de alimentación líquida. Muchos productores ponen un animal más por corral con el convencimiento que la alimentación líquida lo soporta mejor que la tolva. Esto implica que los animales no puedan comer todos a la vez porque no caben todos en el comedero y que se tenga que dejar sopa sobrante en el comedero entre comidas. El resultado es mucha más desuniformidad en los cerdos y más desperdicio de pienso.

6.- ALIMENTACIÓN LÍQUIDA FERMENTADA

En la alimentación líquida más común, que se ha discutido hasta ahora, el alimento se distribuye a los animales una vez preparado y mezclado. Sin embargo, antes de concluir este repaso sobre la alimentación líquida, conviene mencionar una variante, que es la alimentación líquida fermentada. En ésta, antes de distribuirlo a los animales, el alimento se deja fermentar en un tanque cerrado por un determinado periodo de tiempo y a una determinada temperatura (Canibe y Jensen 2003). El proceso de fermentación se caracteriza por dos fases: en la primera se observa una proliferación baja de la flora láctica, un pH parecido a lo del pienso en seco y un aumento de las enterobacterias. En la segunda (“steady state”), en cambio, proliferan las bacterias lácticas y el ácido láctico, mientras que se reducen el pH (4-4,5) y las enterobacterias (Jensen y Mikkelsen, 1998; Canibe et al. 2001).

En la práctica el sistema más utilizado para obtener el alimento líquido fermentado es el “backslopping” (Russell et al. 1996, Canibe et al. 2001, Canibe y Jensen 2003). La aplicación de este sistema conlleva poner a fermentar el alimento en un tanque cerrado hasta que se alcance la composición estable ideal. Después, con intervalos regulares de 8 a 10 horas, se sigue distribuyendo parte del alimento a los animales. No obstante, durante el ciclo entero debe guardarse un mínimo de un 50% del alimento en el tanque: esta cantidad es necesaria para poder iniciar la siguiente fermentación. La parte consumida se reemplaza por otro alimento fresco, que a su vez se deja fermentar hasta la hora de la siguiente distribución.

Un alimento líquido fermentado se considera de alta calidad cuando alcanza rápidamente las características de la segunda fase del proceso y consigue mantenerlas constantes (Plumed-Ferrer et al., 2005). La alimentación líquida fermentada, si se usa correctamente, resulta prometedora por varios motivos: se observa una influencia aún más positiva sobre la morfología, la microbiología y la fisiología del estómago y del intestino (Scholten et al. 2002 – Canibe y Jensen 2003). Además, se reducen no solo las enterobacterias en el tracto gastrointestinal (van Winsen et al. 2001), sino también la prevalencia de Salmonella (van der Wolf et al. 2001) y la incidencia de Brachyspira Hyodysenteriae (Lindecrona et al. 2003).

Se ha observado que las fermentaciones no siempre dan lugar a un alimento de calidad (Mikkelsen y Jensen 1998). En efecto, el éxito de las fermentaciones depende de una serie de factores, entre los cuales el tipo de microorganismos que compone la flora endógena presente en las materias primas (son preferibles las bacterias lácticas a los hongos), el porcentaje de subproductos del alimento (la proporción no puede ser demasiado alta), la temperatura del agua (como mínimo 20 grados) y la calidad del agua (aguas duras, por ejemplo, pueden ralentizar o obstaculizar las fermentaciones). A fin de promover activamente las fermentaciones deseadas también se pueden añadir cultivos de bacterias lácticas seleccionadas (van Winsen et al. 2001, Beal et al. 2002).

Durante los últimos años se han realizado numerosos estudios sobre la alimentación líquida fermentada y sus beneficios. No obstante, hasta hoy en día, los resultados en términos de rendimiento siguen siendo variables (Lawlor et al. 2002, Pedersen et al. 2005). Esta variabilidad puede ser debida, entre otros factores, a la modificación de la composición química del alimento, y más en particular a la degradación de los aminoácidos, por un lado, y el aumento de ácido acético y aminor biógenas, por otro. Ambos procesos contribuyen a una reducción de la ingesta (Brooks et al 2001). Una pista para reducir este problema consiste en limitarse a fermentar exclusivamente los cereales (en vez de fermentar el alimento en su conjunto). Luego, una vez fermentados, los cereales se añaden poco antes de la distribución al resto de los ingredientes (Scholten et al. 2002).

A pesar de ser un tipo de alimentación muy promotor, queda claro sin embargo que hacen falta más pruebas para poder sacar conclusiones definitivas.

7.- CONCLUSIONES

Este trabajo ha dado un breve vistazo sobre la alimentación líquida. Aunque en España este sistema de alimentación no tenga todavía una difusión tan grande como en otros países europeos, sí ha quedado claro que es un sistema que puede ofrecer una buena alternativa también en el mercado español. No obstante, a la hora de decidirse por un sistema de alimentación líquida, conviene tener en cuenta una serie de variables que influyen sobre su rentabilidad.

8.- REFERENCIAS

- BEAL, J.D., NIVEN, S.J., CAMPBELL, A. y BROOKS, P.H. (2002) *International Journal of Food Microbiology* 79(1-2): 99-104.
- BERTACCHINI, F. y CAMPANI, I. (2013) *Manuale di allevamento suino 3*. Edagricole, Milano.
- BRAUN, K. y DE LANGE, K. (2004) En: *Proc. ANAC Eastern Nutrition Conference*, Ottawa, Ontario, Canada. 17 pp.
- BROOKS, P.H. y MCGILL, A.E.J. (1995) *Food industry liquid residues for pigs*. University of Plymouth, Plymouth, p.33.

- BROOKS, P.H., BEAL, J.D. y NIVEN, S. (2001) *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 13: 49-63.
- CANIBE, N., MIQUEL, N., MIETTINEN H., y JENSEN, B.B. (2001) En: *Proceedings of the 15th Forum for Applied Biotechnology*. 431-432.
- CANIBE, N. y JENSEN, B.B. (2003) *Journal of Animal Science* 81: 2019-2031.
- CEHAVE LANDBOUWBELANG, *Solide index*. Publicación interna.
- CRAWSHAW, R., EVANS R.R., HUGHES BUDDUG T. y LLEWELYN, R.H. (1976) En: *Liquid whey for dairy cows, ADAS Internal Report*.
- CRAWSHAW, R. (2001) *Co-product feeds: animal feeds from the food and drink industries*. Nottingham, U.K. Nottingham University Press.
- DE LANGE, C.F.M., C.H. ZHU, S. NIVEN, COLUMBUS, D. y WOODS, D. (2006) En: *Proc. Western Nutrition Conference*, Winnipeg, MB, Canada. P. 1-13.no
- GILL, B.P., BROOKS P.H. y CARPENTER, J.L. (1987) *BSAP Occasional Publication* 11: 131-133.
- HURST, D., LEAN, I.J. y HALL, A.D. (2001) *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 161.
- HURST, D., CLARKE L. y LEAN, I.J. (2008) *Animal* 2(9): 1297-1302.
- JENSEN, B.B. y MIKKELSEN, L.L. (1998) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy P.C., Wiseman, J. y Haresign, W. (eds). Nottingham University Press, Nottingham, U.K. 107-126.
- LAWLOR, P.G., LYNCH, P.B., GARDINER, G.E., CAFFREY, P.J. y O'DOHERTY, J.V. (2002) *Journal of Animal Science* 80: 1725- 1735.
- LINDECORONA, R.H., JENSEN, T.K., JENSEN, B.B., LESER, T.D., JIUFENG, W. y MOLLER, K. (2003) *Animal Science* 76: 81-87.
- LIU, J., BOLLINGER, D.W., LEDOUX, D.R., ELLERSIECK, M.R. y VEUM, T.L. (1997) *Journal of Animal Science* 75: 1292-1298.
- MIKKELSEN, L.L. y JENSEN, B.B. (1998) *Journal of Animal and Feed Sciences* 7: 211-215.
- NIVEN, S.J., ZHU, C., COLUMBUS, D., IZQUIRDE, O. y DE LANGE, C.F.M. (2006) *Journal of Animal Science* 84, *Supplement* 1: 429.
- PEDERSEN, C., ROOS, S., JONSSON, H y LINDBERG J.E. (2005) *Archives of Animal Nutrition* 59(3): 165-179.
- PEDERSEN, A.O., CANIBE, N., HANSEN, I.D. y AASLYING, M.D. (2002) *The National Committee for Pig Production, Copenhagen, Denmark*. Vol. 1.
- PLUMED-FERRER, C., KIVELA, I., HYVONEN, P. y VON WRIGHT, A. (2005) *Journal of Applied Microbiology* 99: 851-858.
- PLUMED-FERRER, C. y VON WRIGHT, A. (2009) *Journal of Applied Microbiology* 106: 351-368.
- RUSSELL, P.J., GEARY, T.M., BROOKS, P.H. y CAMPBELL, A. (1996) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 72: 8-16
- SCHOLTEN, R., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., DEN HARTOG, L.A., BALK, M., SCHRAMA, J.W. y VERSTEGEN, M.W.A. (2002) *Journal of Animal Science* 80: 1179-1186.
- SCHOLTEN, R.H., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M., VERSTEGEN, M.W.A., DEN HARTOG, L.A., SCHRAMA, J.W. y VESSER, P.C. (1999) *Anim. Feed sci. Technol.* 82: 1-19.

- SCHOLTEN, R.H., RIJNEN, M.M., SCHRAMA, J.W., BOER, H., VAN DER PEETSCHWERING, C.M., DEN HARTOG L.A., VESSEUR, P.C. y VERSTEGEN, M.W. (2001) *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 85: 111-123.
- SCHOLTEN, R.H., RIJNEN, M.M., SCHRAMA, J.W., BOER, H., VAN DER PEETSCHWERING, C.M., DEN HARTOG L.A., VESSEUR, P.C. y VERSTEGEN, M.W. (2001) *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 85: 124-134.
- SQUIRE, J.M., ZHU, C.L., JEAUROND, E.A. y DE LANGE, C.F.M. (2005) *J. Anim. Sci.* 83(Suppl.1):165.
- VAN DER WOLF, P.J., WOLBERS, W.B., ELBERS, A.R.W., VANDER HEIJDEN, H.M.J.F., KOPPEN, J.M.C.C., HUNNEMAN, W.A., VAN SCHIE, F.W. y TIELEN, M.J.M. (2001) *Veterinary Microbiology* 78(3): 205–219.
- VAN WINSEN, R.L., URLINGS, B.A.P., LIPMAN, L.J.A., SNIJDERS, J.M.A., KEUZENKAMP, D., VERHEIJDEN, J.H.M. y VAN KNAPEN, F. (2001) *Applied and Environmental Microbiology* 67 (7) : 3071– 3076.
- VILARIÑO, M., CALLU, P., SAMSON, A., CAZAUX, J.G. y SKIBA, F. (2012) *Journées Recherche Porcine*, 44 : 207-208.

FEDONA