



Emprego de ácidos graxos en vacas de leite, un novo paso cara á alimentación de precisión

Neste artigo poño o foco na importancia da graxa como un nutriente esencial na alimentación das vacas, con especial atención no ácido palmítico, de describo os diferentes tipos existentes para poder incorporala con maior precisión á ración dos nosos animais.

Adrián González Garrido

Especialista en nutrición de vacún leiteiro

INTRODUCCIÓN

A investigación en nutrición bovina guíanos pola alimentación de precisión para ser máis eficientes grazas ao coñecemento cada vez máis profundo dos nutrientes e polo desenvolvemento de laborato-

rios e ferramentas informáticas que facilitan a súa aplicación práctica.

Nos últimos corenta anos aprendemos a dividir cada grupo de nutrientes nas súas partes máis pequenas e comprender cal é o seu comportamento nas vacas e cales

son as necesidades destas en función da súa idade, tamaño, actividade, condicións ambientais e estado produtivo.

En alimentación proteica xa non traballamos con proteína bruta senón con proteína metabolizable, buscando o seu equilibrio en aminoácidos e enriquecendo a ración con determinados aminoácidos se a fase produtiva o require.

Respecto da enerxía, analizamos as necesidades específicas tanto de carbohidratos fibrosos coma non fibrosos, determinando o tipo de carbohidratos en cada grupo e a súa dixestibilidade e xa non falamos de fibra bruta senón de FND dixestible, e non valoramos os CNF senón os seus compoñentes, coma o amidón e os azucres, e diferenciámoslos, ademais, segundo as súas características de fermentación ruminal.

Con todo, o nutriente máis enerxético, a graxa, non recibiu tanta atención e seguímolo vendo só coma unha achega extra de enerxía necesaria para que as vacas perdan menos peso posparto ou para evitar a penalización por calidades que sofre o gandeiro cando o contido graxo do leite está por baixo de 3,7 %.

Se queremos ser igual de precisos coa alimentación graxa que coa proteica ou de carbohidratos, debemos coñecer en profundidade o comportamento de cada tipo que incorporamos ás racións, porque non todas son iguais nin funcionan ou se aproveitan da mesma forma.

► DEBEMOS COÑECER EN PROFUNDIDADE O COMPORTAMENTO DE CADA TIPO DE GRAXA QUE INCORPORAMOS ÁS RACIÓNS

Tabla 1. Principais ácidos graxos

Nome trivial	Átomos de carbono	Dobres enlaces	Punto de fusión
Saturados			
Láurico	12	-	44,2
Mirístico	14	-	54,0
Palmitico	16	-	63,0
Esteárico	18	-	69,6
Araquídico	20	-	76,5
Lignocérico	24	-	86,0
Insaturados			
Palmitoleico	6	1	-0,5
Oleico	18	1	13,4
Linoleico	18	2	-3,0
Linolénico	18	3	-11,0
Araquidónico	20	4	-49,5

GRAXAS

Quimicamente as graxas son os compostos orgánicos que se extraen con éter. As máis abundantes, os triglicéridos, están formadas por un esqueleto de glicerol con tres átomos de carbono e tres ácidos graxos, unidos cada un a un carbono.

Os ácidos graxos diferéncianse polo número de carbonos e polo número de dobres enlaces ou insaturacións que hai na súa estrutura, sendo saturados os que non teñen dobres enlaces e insaturados os que teñen, polo menos, un dobre enlace.

Hidrólise e biohidroxenación ruminal

Cando os triglicéridos chegan ao rume, as bacterias e os protozoos rompen a súa estrutura (hidrólise) e separan os ácidos graxos do glicerol. Así, o rume é o primeiro sitio de hidrólise das graxas, ao contrario do ►►



**Líder mundial
en produción de aceite de palma y
ácidos graxos sostenibles**

 **gar**
agribusiness and food

C/ General Martínez Campos, 44
28010 Madrid
910 607 316
comercial.ib@sinar-mas-agri.com
www.goldenagri.com.sg

que ocorre cos monogástricos que están no intestino delgado.

O glicerol liberado no rume é rapidamente fermentado a ácidos graxos volátiles (Drackley, 2000). Non obstante, os ácidos graxos non son fermentados no rume, ao non ser unha fonte de enerxía para o ecosistema microbiano ruminal, pero os ácidos graxos insaturados son tóxicos para os microorganismos do rume e como mecanismo de defensa convértenos a saturados (non tóxicos) a través da biohidroxenación (saturación).

Como consecuencia da acción da hidrólise e a biohidroxenación dos microorganismos ruminais, ao redor do 85 % da graxa inxerida polos ruminantes chega ao intestino delgado como ácidos graxos adheridos á superficie das partículas de alimento, a gran maioría saturados.

Dixestión intestinal

No duodeno, a bilis e os zumes pancreáticos son esenciais para a absorción dos ácidos graxos no intestino delgado, axudando á súa emulsión formando pingas de graxa moi pequenas.

A formación das micelas é indispensable para que os ácidos graxos hidrofóbicos poidan atravesar a película acuosa que se atopa na superficie da mucosa intestinal, e, deste xeito, os ácidos graxos difunden a través da membrana celular dentro da célula intestinal (enterocito). Unha vez dentro, son reesterificados con glicerol formando novos triglicéridos. Para que estes poidan chegar desde os enterocitos ata outros órganos do corpo, deben ser empacquetados nunha forma estable que facilite o seu transporte; para iso rodéanse de lipoproteínas, formando quilomicróns, que son secretados desde as células intestinais, e a través do sistema linfático chegan á circulación venosa polo conduto torácico.

As lipoproteínas ou VLDL, que tamén son secretadas á circulación sanguínea desde o fígado, son o medio de transporte dos ácidos graxos de cadea longa ata os órganos de destino, onde serán liberados do glicerol grazas á encima lipoproteína lipasa (LPL).

Un aspecto moi importante é que a actividade da LPL varía duns tecidos a outros segundo o estado nutricional,

actividade ou momento produtivo, e que é regulado pola insulina e outras hormonas. Así, por exemplo, a LPL aumenta marcadamente a súa actividade no tecido adiposo durante a metade e final da lactación para recuperar as reservas enerxéticas, mentres que durante o primeiro mes de lactación a maior actividade se rexistra na glándula mamaria.

Lipoxénese

Refírese estritamente á síntese de ácidos graxos e non á súa esterificación para xerar triglicéridos como depósitos de graxa. O principal tecido que sintetiza ácidos graxos é o adiposo e, no caso da vaca en lactación, a glándula mamaria sintetiza “de novo” ácidos graxos de cadea curta (menores de 16 °C) a partir, principalmente, do ácido acético xerado durante a dixestión ruminal dos carbohidratos e pode empregar tamén B-hidroxibutirato.

Síntese de triglicéridos

Igual que ocorre cos ácidos graxos que foron absorbidos nas células intestinais, os ácidos graxos nos tecidos son esterificados formando triglicéridos, ben como forma non tóxica de almacenamento (tecido adiposo, fígado...) ou ben como enriquecemento enerxético do leite na glándula mamaria.

Composición do leite de vaca

A base principal da graxa do leite son os triglicéridos, cun 5,5 % de glicerol e o 94,5 % de ácidos graxos. Os ácidos graxos de leite de menos de 14 C (desde C4 ata C14) son sintetizados na glándula mamaria a partir do ácido acético xerado no rume tras a dixestión dos carbohidratos, e denomínanse ácidos graxos “de novo”; os ácidos graxos de C16:0, C16:1 e C17:0 son tanto sintetizados na glándula mamaria como procedentes da dieta ou a mobilización de graxa corporal e, por iso, agrúpanse como ácidos graxos de “orixe mixta”; por último, todos os ácidos graxos de máis de 18 átomos de carbono, tanto saturados coma insaturados, proceden da absorción de graxa no intestino e/ou dos ácidos graxos non esterificados (NEFA) procedentes do tecido adiposo e, por iso, denomínanse “preformados”.

▶ ESTÁ DEMOSTRADO QUE A INCORPORACIÓN DE GRAXA NAS RACIÓNS RESULTA NUN AUMENTO DA PRODUCCIÓN DO LEITE POR UN EFECTO ENERXÉTICO DIRECTO

Por conseguinte, tanto a formulación das racións (para conseguir un adecuado funcionamento ruminal) coma a cantidade e o tipo de graxa que empreguemos nas racións teñen unha importancia clave na obtención dos resultados que esteamos a buscar. É necesario manter o pH ruminal por riba de 6 para manter unha boa dixestión da fibra que produza acético para a síntese de graxa e que permita unha completa biohidroxenación dos ácidos graxos insaturados que eviten a súa toxicidade ruminal (e o descenso na dixestión de fibra) e a aparición de ácidos graxos trans que reduzan a síntese mamaria de graxa, sobre todo cando aumentemos a achega de graxa nas racións.

Graxas engadidas

A información con respecto ao contido e perfil de ácidos graxos permítenos facer un uso adecuado das fontes de graxa. Non todas as graxas engadidas teñen a mesma “reactividade” ruminal nin dixestibilidade intestinal e dependerá da súa estrutura química e o seu maior ou menor contido en ácidos graxos saturados/insaturados. Ademais, o seu comportamento ruminal e/ou intestinal verase influído polo ambiente ruminal que se atope e a cantidade e tipo de graxa total da dieta que a acompañe.

Como ocorre co resto dos nutrientes nos ruminantes, o perfil de ácidos graxos da dieta non ten nada que ver co perfil de ácidos graxos que chegan ao intestino para ser ▶▶

Alfalfa de secano e regadío

Mesturas Forraxeiras

Gama SPEEDYLMIX, 6 tipos de pradeiras
anuais de sega ou pastoreo

Gama PLURIMIX, 4 tipos de pradeiras
perennes para secanos frescos

Gama REGMIX, 3 tipos de pradeiras
perennes de regadío

Gama SECMIX, 2 tipos de pradeiras
perennes para secano

Alfalfa SAN ISIDRO, elevada produ-
ción, gran perenidade, secano ou regadío

VICTORIA, a Alfalfa mellorada, para
secano ou regadío

Alfalfa TIERRA DE CAMPOS, rústica
e adaptada ao secano



absorbidos. En condicións normais, a proporción de ácido esteárico (C18:0) da dieta é moi baixa en comparación co palmítico (C16:0) e, con todo, a cantidade de C18:0 que sae do rume é 3 veces maior que a de C16:0 como consecuencia da biohidroxenación ruminal do oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolénico (C18:3).

Tanto o palmítico coma o esteárico son ácidos graxos cun alto punto de fusión (62,8 e 69,4 °C, respectivamente), que os fai insolubles no líquido ruminal e non tóxicos para o ecosistema microbiano, e non interfíren na dixestión da fibra; son ácidos graxos ruminalmente inertes. Non obstante, o seu elevado punto de fusión fai que sexa moi complicada a súa dixestibilidade intestinal, posto que tamén son insolubles no líquido intestinal; no entanto, e grazas aos sales biliares e zumes pancreáticos, en condicións normais de dietas baixas en graxa, alcanzan dixestibilidades do 75 % para o ácido palmítico (C16:0) e 72 % para o esteárico (C18:0). Ademais, os ácidos graxos insaturados que escapan da biohidroxenación e chegan ao intestino axudan a mellorar a dixestibilidade dos saturados.

Por iso, o maior ou menor aproveitamento dun suplemento graxo depende non só da súa estrutura química e perfil de ácidos graxos senón da cantidade e tipos de ácidos graxos que o acompañen e debemos ter moi claro que hai dúas barreiras que limitan este aproveitamento: a súa transformación ruminal no caso dos insaturados e a súa baixa dixestibilidade no caso dos saturados, especialmente o ácido esteárico.

Protección ruminal das graxas

As graxas saturadas son naturalmente inertes pola súa baixa solubilidad ligada ao seu alto punto de fusión e preséntanse como ácidos graxos libres saturados ou triglicéridos saturados. Os ácidos graxos saturados poden presentarse de forma individual (palmítico, C16:0, esteárico C18:0) ou combinando diferentes proporcións deles, mentres as graxas saturadas son triglicéridos de orixe animal (sebo) ou vexetal (aceite de palma) que foron hidrogenados, transformando os seus ácidos insaturados en saturados pero mantendo a súa estrutura como triglicéridos.

Os ácidos graxos insaturados adquiren protección ruminal cando son saponificados, formando sales e modifican as súas propiedades físicas aumentando o seu punto de fusión. O produto dispoñible no mercado é o xabón cálcico, insoluble no rume cando se mantén como sal, contén un 84 % de graxa, da cal o 85 % son ácidos graxos, cun perfil aproximado 50 % saturados/50 % insaturados.

Sobre a “inercia ruminal” das graxas saturadas non hai discusión posible, pero pensar que os xabóns cálcicos son completamente inertes no rume ou 100 % *by-pass* non é correcto. A súa disociación como sales en ións de calcio e ácidos graxos libres é dependente do pH do rume. A un pH ruminal normal, entre o 60-90 % dos sales de calcio permanecen estables e pasan o rume como graxas inertes, especialmente en vacas de alta produción con altos niveis de inxestión e rápida velocidade de tránsito.

As investigacións consideran que o 50 % do oleico (C18:1) dos xabóns cálcicos son biohidroxenados fronte ao 80 % dos alimentos (Wu *et al.*, 1991), o que permite aumentar a cantidade de ácidos graxos insaturados que chegan ao intestino para ser absorbidos e que chegarán intactos aos órganos que o necesiten.

Dixestibilidade intestinal das graxas engadidas

Está moi demostrado que a dixestibilidade dos ácidos graxos saturados é significativamente menor que a dos insaturados e que a medida que aumentamos a cantidade de ácido esteárico na dieta se reduce a dixestibilidade do conxunto da graxa que chega ao intestino. No caso dos ruminantes, a biohidroxenación ruminal asegura que o esteárico é o ácido graxo principal que alcanza o intestino. A pesar diso, como o nivel de graxa nas racións é normalmente baixo (menor do 3 % por kg de materia seca) e grazas á acción de sales biliares e zume pancreático, a dixestibilidade do conxunto da graxa intestinal achégase a un valor aceptable do 75 %.

Con todo, cando aumentamos a cantidade de graxa activa na ración buscando unha maior densidade enerxética, incrementamos moito a cantidade de esteárico no intestino e reducimos a dixestibilidade do

► A DIXESTIBILIDADE DO ÁCIDO PALMÍTICO É BOA E NON SE VE AFECTADA NEGATIVAMENTE CANDO SE EMPREGA EN DOSES ALTAS NA DIETA

► UN AUMENTO DE GRAXA NA RACIÓN AUMENTA O NIVEL DE PROXESTERONA EN SANGUE E, POR TANTO, AXUDA A MELLORAR A TAXA DE PREÑEZ

conxunto, sendo máis ineficientes. Por iso é necesario seleccionar moi ben o tipo de suplemento graxo que imos empregar para previr unha redución da dixestibilidade.

Neste sentido, é moi interesante un traballo realizado por Chalupa en 2005, onde compara como diferentes tipos de graxas poden afectar á dixestibilidade do total da graxa da dieta. Os datos están sacados de 11 traballos de investigación realizados nos Estados Unidos e publicados no *Journal of Dairy Science*. Na maioría destas probas, os suplementos graxos representan entre o 40 e o 60 % da graxa total da dieta, e obsérvase como o tipo de graxa engadida afecta de forma diferente á dixestibilidade do conxunto.

Tomando como referencia teórica que a dixestibilidade normal da graxa en ruminantes é do 75 %, podemos ver como a medida que aumentamos a saturación da graxa se reduce a dixestibilidade, aínda que na maioría dos casos non é unha redución moi acusada, o que pon de relevo o alto nivel de adaptación do sistema. Hai que exceptuar o caso da graxa hidroxenada, pois son triglicéridos saturados moi ricos en esteárico, con alto punto de fusión e que, ao ser insolubles no rume, non sofren lipólise (non se liberan os ácidos graxos do glicerol) e chegan intactos ao intestino (alto poder inerte ou *by-pass*). Os ruminantes non están adaptados á dixestión intestinal dos triglicéridos, e moito menos se o contido en esteárico é moi alto, polo que a súa dixestibilidade é moi baixa e reducen o aproveitamento da graxa intestinal de forma moi significativa (ata o 57 % no artigo de Chalupa).

1. Reported digestibilities of total dietary LCFA for diets containing five different types of fat supplements

Diet type	Number	Reported diet fatty acid digestibility, mean (SD)
Tallow	9	70.2 (7.18)
Hydrogenated glycerides	7	57.0 (5.72)
Whole cottonseeds	8	74.7 (1.92)
Prilled fatty acids	5	71.0 (3.39)
Calcium salts of palm fatty acids	5	77.6 (2.82)

Fonte: *Journal of Dairy Science*

Hai outra forma de empregar graxa saturada sen minguar tanto a súa dixestibilidade e é facelo como ácidos graxos libres. No mesmo traballo de Chalupa que mencionaba antes, o autor fai unha revisión dos traballos publicados en revistas científicas co emprego destes produtos e conclúe que fronte a unha dixestibilidade media da graxa da dieta control de 72,1 % a incorporación dos ácidos graxos hidroxenados mantense nun 69,6 %, o cal demostra que o emprego de ácidos graxos saturados na dieta debe facerse como ácidos graxos libres.

Actualmente, dispomos no mercado de moitos suplementos graxos que deberemos empregar en función dos obxectivos que teñamos e do tipo de ácidos graxos que mellor nos axude a conseguilos.

Efectos sobre a reprodución

Á vez que as vacas ían incrementando a súa capacidade produtiva, observábase unha maior perda de peso e unha menor fertilidade, asociado ao balance enerxético negativo. A necesidade de aumentar a densidade enerxética das racións co emprego de graxa e evitar que afectasen as fermentacións ruminais, impulsou o emprego das graxas inertes ou *by-pass* e moitos traballos centráronse en demostrar que estes produtos melloraban a reprodución, como así foi. En principio pensouse que era debido exclusivamente á maior achega de enerxía que permitía unha menor perda de peso; con todo, demostrouse que non sempre que hai mellora reprodutiva con graxa engadida se reduce a perda de peso, o que evidencia que outros factores relacionados coa graxa permiten mellorar a reprodución.

A proxesterona, responsable de manter a implantación do embrión no tecido uterino, sintetízase a partir

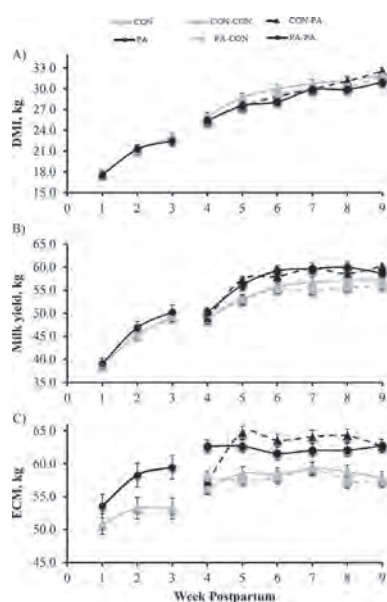
do colesterol. Un aumento de graxa na ración aumenta o nivel de proxesterona en sangue e, por tanto, axuda a mellorar a taxa de preñez.

Investigacións posteriores puxeron de manifesto que o enriquecemento da dieta con ácidos graxos poliinsaturados, tanto da serie omega-6 (ácido linoleico, C18:2) coma omega-3 (ácido linolénico, C18:3), está moi relacionado coa súa implicación sobre a síntese da prostaglandina e os seus efectos sobre o rendemento reprodutivo nas vacas de leite. A función principal da prostaglandina é destruír o corpo lúteo. A súa inhibición polo enriquecemento da dieta con ácido linolénico (C18:3) inerte ruminalmente foi asociada a unha mellora da taxa de preñez pola redución das reabsorcións embrionarias.

Efectos sobre a produción e a calidade de leite

Está demostrado que a incorporación de graxa nas racións resulta nun aumento da produción do leite por un efecto enerxético directo, aínda que non todas as graxas o conseguen coa mesma eficacia, e incluso o mesmo produto varía na súa resposta en función do tipo de dieta e estudo. Durante anos estiveronse comparando produtos con diferente composición en ácidos graxos e a variación na resposta asociábase ás diferenzas na inercia ruminal e a dixestibilidade. Con todo, nos últimos anos están a comercializarse novos produtos de ácidos graxos puros que multiplicaron os traballos de investigación e conseguiron diferenciar as funcións metabólicas de ácidos graxos concretos e a forma en que contribúen á función produtiva da vaca por diferentes camiños.

Así, é coñecido que en liñas xerais os ácidos graxos insaturados poden diminuír a inxestión de materia seca, incrementar a insulina plasmática ►



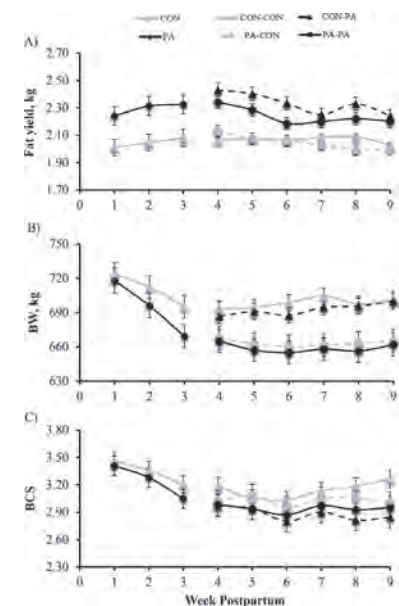
e desviar a repartición de enerxía cara ao incremento das reservas corporais, mentres que os ácidos graxos saturados teñen pouca influencia na inxestión e, en xeral, aumentan a repartición de enerxía cara á produción de leite e graxa no leite.

O ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0) e ácido oleico (C18:1) son os compoñentes maioritarios da graxa do leite e do tecido adiposo e, aínda que teñen funcións metabólicas diferentes, interactúan uns con outros segundo a súa achega na dieta.

O ácido palmítico

Sen dúbida, o que recibiu máis atención nos últimos anos polos seus excelentes resultados no incremento da produción de leite e de graxa en leite comparado a dietas control foi o ácido palmítico (Lock *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2017; Piantoni *et al.*, 2013). Non en balde, é de forma natural completamente inerte no rume e, a pesar de ser un ácido graxo saturado, a súa dixestibilidade é boa e non se ve afectada negativamente cando se emprega en doses altas na dieta.

Recentemente foi publicado un traballo moi interesante por parte de profesores da Universidade de Michigan (Souza e Lock, 2019) para profundar no seu efecto en dous pe-



ríodos concretos, desde o día 1 ata o 24 posparto (recentemente paridas) e desde o 25 ata o 67 (pico de produción). Neste traballo, as 52 vacas multiparas divídense en dous grupos posparto, un control sen graxa engadida e outro experimental co 1,5 % de palmítico. Pasados os 24 días, cada grupo de vacas divídese á súa vez noutros, de tal maneira que se pode comparar o efecto de engadir ou non palmítico na dieta desde o día 0 do parto ata o 67 posparto, pero tamén comprobar se hai variacións no seu comportamento en función do momento en que se empeza a utilizar. Este traballo demostra, unha vez máis, que os ácidos graxos saturados non reducen a inxestión de materia seca.

En canto á produción de leite, os resultados confirman outra vez que o palmítico aumenta a produción de leite, aínda que a novidade neste estudo é que non hai unha diferenza significativa durante os primeiros 24 días posparto e, non obstante, pasado este período, o grupo alimentado con P palmítico produce 3,45 kg/día máis de leite ao día.

Non ocorre o mesmo coa concentración de graxa en leite; en ambos os períodos experimentais, a incorporación de palmítico á dieta sobe moi significativamente a porcentaxe

► O ÁCIDO PALMÍTICO É O QUE RECIBIU MÁIS ATENCIÓN NOS ÚLTIMOS ANOS POLOS SEUS EXCELENTE RESULTADOS NO INCREMENTO DA PRODUCCIÓN E DE GRAXA EN LEITE

de graxa en leite, un 0,41 % durante o período inicial (1 a 24 días) e un 0,22 % durante o pico (25 a 67 días). Isto é debido ao aumento da síntese de graxa en leite en ambos os períodos (+280 g/día e +210 g/día, respectivamente). Cando se emprega palmítico ao 1,5 % da SS durante polo menos 10 semanas, Souza e Lock (2018) observaron un incremento na produción de graxa láctea de 150 g/día; en liña con este traballo tamén sinalan que a produción de graxa en leite aumenta linealmente coa dose de palmítico empregada, propondo unha solución moi interesante para evitar as penalizacións por calidade da industria leiteira.

Tzompa-Sosa *et al.* (2014) suxiren que un aumento na dispoñibilidade de palmítico para a síntese de graxa nas células epiteliais da glándula mamaria pode aumentar a actividade da encima glicerol 3-P acyltransferase que inicia a síntese de triglicéridos nela.

Como consecuencia do aumento de graxa e produción de leite nas vacas alimentadas con ácido palmítico, hai un aumento moi marcado do leite corrixido en graxa (3,5 % FCM) e en enerxía (ECM); este efecto está moi ligado á interacción do palmítico co balance enerxético posparto e obsérvase unha maior perda de peso e condición corporal, así como un aumento dos NEFA circulantes e baixada dos niveis de insulina en sangue.

Matthews *et al.* (2016) suxiren a posibilidade de que unha alimentación prolongada con este ácido xera resistencia á insulina no tecido adiposo, o que fai aumentar a lipólise e mobilización graxa, e permítelles aos animais aumentar a repartición ►

RATIBROM[®]

Nº1
EN VENTAS

¡TENEMOS LA SOLUCIÓN! LA DIETA DEL RATIBROM LAS RATAS Y LOS RATONES **MUEREN** POR ELLA



NUEVA
CONCENTRACIÓN



RESISTE
AL CALOR Y LA HUMEDAD



GAMA VERSÁTIL

Permite manejar diferentes alternativas según las necesidades del tratamiento o las condiciones ambientales.

ALTA APETENCIA

Elaborados con ingredientes de alta calidad y la mayor apetencia del mercado (hasta el 97%).

NUESTROS CEBOS



 **impex** EUROPA S.L.

Avda. de Pontevedra, 39 | 36600 Vilagarcía de Arousa - Pontevedra - SPAIN | T. +34 986 501 371 | info@impexeuropa.es | www.impexeuropa.es

Táboa 2. Produción e composición do leite, peso corporal (BW*) e condición corporal (BCS*) para vacas alimentadas con dietas control durante o período de produción inicial (día 1-24 posparto)

VARIABLE	TRATAMENTO ¹	
	CON	PA
Inxestión de materia seca (DMI*) kg/d	22,3	22,1
Rendemento lácteo, kg/d		
Leite	47,2	48,6
3,5 % leite coa graxa corrixida/modificada (FCM) ²	52,2	57,5
Leite con correccións/modificacións enerxéticas (ECM) ³	51,9	56,6
Composición do leite		
Graxa, kg/d	2,01	2,29
Graxa, %	4,48	4,89
Proteína, kg/d	1,50	1,60
Proteína, %	3,37	3,41
Lactosa, kg/d	2,16	2,23
Lactosa, %	4,75	4,72
Rendemento acumulado, kg		
Leite	1,111	1,145
Graxa	49,8	56,0
Proteína	36,7	38,6
FCM/DMI*	2,34	2,60
BW*, kg	701	680
BW* cambio, kg/d	-1,89	-2,65
BCS*	3,34	3,25

¹As dietas durante o período de produción inicial (FR) (1-24 DIM) foron unha dieta de control (CON) ou unha dieta cun suplemento de ácido graxo enriquecido en C16: 0 que substitúe as cascas de soia (PA; 1,5 % da dieta DM).

²3,5 % FCM = (0,4324 × kg de leite) + (16,216 × kg de graxa en leite)

³ECM = (0,327 × kg de leite) + (12,95 × kg de graxa en leite) + (7,20 × kg de proteína en leite)

*Polas súas siglas en inglés

Fonte: *Journal of Dairy Science*, vol. 102 N.º 1, 2019

O ácido esteárico

Con respecto ao ácido esteárico, non hai tantos estudos sobre o seu emprego de forma individual, pero está a traballarse cada vez máis para coñecer as súas funcións metabólicas concretas. Aínda que é quimicamente moi parecido ao palmítico, parece que o seu metabolismo nos tecidos é bastante diferente e que ten máis peso sobre a produción de leite que sobre a produción de graxa láctea que o palmítico (Loften *et al.*, 2014). Hai datos que indican que o esteárico non se acumula nos tecidos na mesma cantidade que outros ácidos graxos e que as vacas o empregan como fonte de enerxía no fígado e tecido muscular ou segregase en grandes cantidades no leite como esteárico e oleico.

O ácido oleico

En canto ao ácido oleico (C18:1), tamén ten un papel importante no metabolismo lipídico das vacas e na composición do leite (mantén a súa fluidez) pero a nivel ruminal, do mesmo xeito que outros ácidos graxos insaturados, é biohidroxenado o ácido esteárico mediante a adición dunha molécula de hidróxeno ao dobre enlace presente na súa cadea. O seu uso ten interese a condición de que poidamos protexelo a nivel ruminal da acción das bacterias e poida ser absorbido como tal a nivel intestinal. Debido ao seu maior carácter polar, ten

de nutrientes cara á glándula mamaria (Bell, 1995; Bell e Baumen, 1997). A alimentación con palmítico en arranque de lactación incrementa rapidamente a circulación de ceramida (C24:0) [Davis *et al.*, 2017], que está inversamente relacionada coa taxa de desaparición de glicosa (Rico *et al.*, 2017b).

Baseándose nestes estudos os autores suxiren que o grupo alimentado con este ácido aumenta a repartición de enerxía cara ao leite a expensas das reservas corporais polos cambios na resistencia á insulina.

Por último, gustaríame destacar outra das virtudes do palmítico nes-

te traballo e é o incremento da dixestibilidade da FND; hai dúas teorías que poden explicar este efecto: a primeira é que se produce un aumento da secreción de colecistoquina (Piantoni *et al.*, 2013), a cal aumenta o tempo de retención ruminal da comida, e a segunda, que as bacterias do xénero *Butyrivibrio*, que necesitan sintetizar ácido palmítico “de novo” para os compoñentes da súa membrana (Hackmann e Firkins, 2015), poden usar directamente o palmítico da dieta aforrando enerxía e favorecendo o crecemento bacteriano, que aumentaría á súa vez a dixestibilidade da FND.

Táboa 3. Produción e composición do leite, BW* e BCS* para vacas alimentadas con dietas control durante o período de máxima produción (días 25-67 posparto)

VARIABLE	TRATAMENTO ¹			
	CON-CON	CON-PA	PA-CON	PA-PA
Inxestión de materia seca (DMI*) kg/d	30,4	30,8	29,1	29,6
Rendemento lácteo, kg/d				
Leite	54,2	57,8	55,0	58,3
3,5 % leite coa graxa corrixida/modificada (FCM) ²	58,0	62,9	57,6	61,7
Leite con correccións/modificacións enerxéticas (ECM) ³	57,0	61,6	56,8	61,4
Composición do leite				
Graxa, kg/d	2,07	2,31	2,05	2,23
Graxa, %	3,66	3,94	3,67	3,82
Proteína, kg/d	1,65	1,74	1,66	1,85
Proteína, %	2,93	2,96	2,99	3,07
Lactosa, kg/d	2,74	2,85	2,81	2,87
Lactosa, %	4,98	4,84	4,91	4,87
Rendemento acumulado, kg				
Leite	2,493	2,658	2,530	2,681
Graxa	94,3	106	95,2	103
Proteína	75,9	80,0	76,4	85,1
FCM/DMI*	1,91	2,08	1,93	2,10
BW*, kg	698	691	682	669
BW* cambio, kg/d	0,29	0,27	0,20	0,16
BCS*	3,10	2,93	3,03	2,98

¹CON-CON = vacas que recibiron a dieta de control para os períodos de produción inicial (FR) e de máxima produción (PK); CON-PA = vacas que recibiron a dieta de control durante o período FR e cambiáronse á dieta de PA (1,5 % de suplemento de ácido graxo enriquecido en C16: 0 que substitúe as cascas de soia) durante o período PK; PA-CON = vacas que recibiron a dieta PA durante o período FR e cambiaron á dieta CON durante o período PK; PA-PA = vacas que recibiron a dieta de AP para os períodos FR e PK.

²3,5% FCM = $(0,4324 \times \text{kg de leite}) + (16,216 \times \text{kg de graxa en leite})$.

³ECM = $(0,327 \times \text{kg de leite}) + (12,95 \times \text{kg de graxa en leite}) + (7,20 \times \text{kg de proteína en leite})$

*Polas súas siglas en inglés

Fonte: *Journal of Dairy Science*, vol. 102 N.º1, 2019

unha boa dixestibilidade e a súa enerxía diríxese fundamentalmente ao aumento das reservas corporais do animal (Souza, 2017).

CONCLUSIÓN

En calquera caso, os ácidos graxos poden alterar o seu metabolismo ou mesmo modificar o doutros compostos relacionados coa produción de enerxía pola súa interacción coa transcrición de xenes (Nakamura *et al.*, 2014) e parece que neste sentido nos ruminantes son máis relevantes os saturados (palmítico e esteárico) que os insaturados. White *et al.* (2011) suxiren, por exemplo, que a presenza dos NEFA tan habitual no período de transición poden aumentar a expresión encimática que estimula a gliconeoxénese.

Sen dúbida, o papel potencial de ácidos graxos individuais sobre a repartición de nutrientes para soste a produción e a composición do leite, así como os mecanismos empregados para iso, abren un enorme campo de traballo aos centros de investigación, que nos ensinarán o camiño para ser cada vez máis precisos e gañar en eficiencia. ■

AgroBank

**Asesoramento
e servizo para
o sector agrario**

