

Sutton J.D. (1989) asevera que no existe ninguna relación sencilla entre los constituyentes de la leche y los de un alimento, ya que existen complejas transformaciones en el rumen, a la vez que hay modificaciones de carácter hormonal que pueden alterar los sólidos producidos a nivel de la mama.

Journet y Chilliard (1985) advierten que las materias grasas de la leche son sintetizadas, a partir de los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen y, de los ácidos grasos largos absorbidos en el intestino o provenientes del tejido adiposo. En consecuencia, concluyen, que los factores alimenticios son un importante regulador al modificar, directamente, la disponibilidad de los precursores de la lipogénesis mamaria.

Por tanto, cualquier ingrediente o aditivo de una ración tiene que ser valorado en su amplitud de respuestas y en su variedad de suministro. En este sentido Morand-Fehr et al. (1986) afirman que la aportación de materias grasas a una ración puede modificar, no sólo la cantidad y la concentración de lípidos en la leche sino, la naturaleza de la materia grasa y en particular las proporciones relativas de los ácidos grasos de la misma.

Crean, por tanto, que la aportación de lípidos a una ración para vacas de leche debe modularse en función de los objetivos de la producción.

DePeters, E.J. et al. (1987) al incorporar grasa animal a raciones (50% MS forrajes) observaron que se reducía el contenido de caseína y aumentaba el de N no proteico en la leche, reduciéndose la concentración proteica de la leche. Asimismo la composición de la grasa de la leche se alteraba, aumentando la presencia de ácidos grasos largos en detrimento de los cortos y medianos. En cuanto a la producción de leche, corregida al 4% de grasa, se aumentaba cuando la incorporación de grasa animal era del orden del 3,5%, pero cuando se llegaba a aportaciones del 7% la producción no se veía afectada de un modo significativo.

Lough D.S. (1988), con raciones de ensilado de maíz y heno, al incorporar grasa vegetal hasta un nivel del 5%, obtenía un descenso de la concentración proteica y ninguna variación en la producción de leche corregida.

Evidentemente que la **incorporación de grasa a una ración**, cuando se formula para una determinada producción de leche, implica que **las aportaciones de carbohidratos fácilmente fermentescibles disminuyen** y que, en consecuencia, **tanto la síntesis proteica microbiana como la síntesis de propiónico también disminuyen en el rumen**. Johnson, J.C. Jr (1988) para paliar o corregir estos efectos incorpora ionóforos a la ración, pero sus resultados indicaban la ausencia de efectos positivos en la incorporación conjunta de grasa y ionóforos. Del mismo modo, Jounany J.P. (1994) experimentando en vacas a 90 días del parto, con raciones que incluían 50% de MS forrajera y grasa incorporada entre 3% y 6,8%, añadía ionóforos y no logró paralizar los efectos depresivos sobre la tasa proteica de la leche.

West, J.W. (1990) incorpora **sales cálcicas de ácidos grasos a raciones con el 45% de MS forrajera (ensilado de maíz y ensilado de alfalfa), hasta un nivel del 3,2%, y obtiene un aumento significativo de la producción de leche al 4% y de la concentración de grasa, pero sigue constatando una disminución de la tasa proteica**. Cabe destacar que en este tipo de ensayos, West encontró un aumento considerable de células somáticas en la leche, lo cual nos induce a pensar, una vez más, en la necesidad de integrar todos los datos en la formulación de raciones.

En la revisión bibliográfica de Chilliard (1993) se indica que la ingestión de materia seca siempre es inferior cuando se incorporan grasas a las raciones, y que la producción de leche aumenta significativamente con grasas animales encapsuladas o con **jabones de calcio del aceite de palma**. Asimismo se refiere que la concentración de grasa de la leche aumenta significativamente con la incorporación de aceites vegetales encapsulados o con grasas animales encapsuladas. En todos los casos, pero, se constata la disminución de la concentración proteica.

En la misma revisión Chilliard encuentra que los resultados obtenidos, con la incorporación de lípidos protegidos o no protegidos, son idénticos en cuanto a la producción de leche, la ingestión de materia seca y la concentración proteica. Y que el interés de la protección reside en un eventual menor riesgo de la disminución de la digestión ruminal, a la vez que la concentración de grasa aumenta y, lo que es más importante, la composición de la misma en ácidos grasos insaturados también aumenta. Lo cual debería integrarse en una formulación de raciones cuando el precio de la leche recoja estos hechos.

Merece también destacarse que la incorporación o no de grasa a las raciones, por encima de su nivel normal del 1 al 2,5% sobre la MS, hasta incluso niveles del 10% en vacas de alta producción según Jouany, J.P. (1994), debe hacerse en las condiciones fisiológicas de la vaca más favorables. **Según Chilliard (1994) al inicio de la lactación la suplementación ofrece contradicciones aparentes, por un lado la ingestión de MS prácticamente no se afecta y la disminución diaria de peso vivo se ve favorecida. En cambio el balance energético (energía ingerida menos la dedicada al mantenimiento y a la producción) es positivo pero no se refleja en el peso vivo, lo cual hace suponer que la depresión de la digestibilidad de la energía es superior al inicio de la lactación con la incorporación de lípidos.** Haciéndose, por tanto, no recomendable su suministro durante este período.

Resum NRC (2001) sobre el greix

greix = {AG cadena llarga} = {TG, fosfolípids, AG no esterificats, sals d'AG cadena llarga}

Llavors oleaginoses → TG (rics en AG no saturats)

Mescles greixos animals i vegetals → TG, AG lliures; en conjunt: AG no saturats > AG saturats

Greix protegit = greixos encapsats ⇒ els microorganismes ruminals no s'afectaran

Greix granulat sec → greixos manufacturats de manera que tinguin el mínim efecte sobre la fermentació ruminal, són greixos inerts al rumen

→greix ⇒ ↑[Energia]_{ració} + beneficis potencials (↑ absorció de nutrients solubles en el greix, ↓pols dels pinsos)

Digestió i absorció

- AG esterificats (principalment són TG, l'esterificació és AG + Glicerol), al rumen els microorganismes lipolítics hidrolitzen els greixos, en aquest cas els TG, en AG i glicerol. Cal dir que aquesta degradació no és molt important ja que el temps de regeneració dels microbis lipolítics és molt llarg. La relació entre lípids ingerits (mesurats com EE o AG) i el flux cap al duodè és de 0,92 (o sigui que hi ha una pèrdua del 8% al rumen).
- AG no saturats (són TG en els quals els AG són no saturats (més d'un doble enllaç), al rumen són hidrogenitzats (es trenquen els dobles enllaços, etc.). L'amplitud de

la hidrogenització depèn del grau d'insaturació (molts o pocs dobles, triples enllaços) i de la freqüència d'aportacions de greixos a la ració. Els AG poliinsaturats tenen un grau d'hidrogenització alt, entre 60 i 90%. Les sals càlciques d'AG no saturats ⇒ ↓ grau d'hidrogenització.

Després de la hidrogenització queden els AG de cadena llarga: C_{18:0} i C_{18:1} són els principals.

La síntesi microbiana al rumen d'AG és poca, es considera al voltant de 15 g de lípids/kg matèria orgànica digerida al rumen. (En aquesta MO no s'hi inclou el greix). La majoria de lípids sintetitzats al rumen s'incorporen als fosfolípids. Per tant, des del rumen els AG que el deixen són:

- 85 – 90% AG lliures
- 10 – 15% Fosfolípids microbians

En condicions normals de racionament els TG que arriben a l'intestí prim dels remugants no són gaires, n'hi ha poca quantitat. Tot i així, la seva absorció requereix de la lipasa biliar i de la lipasa pancreàtica, les quals el que fan és hidrolitzar els TG.

Si s'inclouen més lípids a la ració, s'hauran d'incloure protegits a la degradació microbiana, ja que sinó deprimeixen els altres microbis específics – cel·lulòsics, proteòlisis, etc. -, per tant el flux de TG cap a l'intestí augmentarà, i la pregunta és si haurà suficient segregació de lipases per a l'absorció. Concretament la lipasa pancreàtica sembla més difícil de ser inclosa a les formes protegides, i pot esdevenir limitant.

El que una porció d'AG no saturats, d'origen alimentari, evitin la hidrogenització al rumen, pot provocar, per altra banda, que a l'intestí hi hagi més TG que no es puguin absorbir. L'emulsió d'AG i la formació de micel·les a l'intestí prim és essencial per a una absorció eficient de greix.

Digestibilitat i valor energètic dels greixos

$$ENL_{\text{greixos}} = f([\text{AG llargs}], \text{dig}(\text{AG llargs}))$$

La *dig*(AG llargs) depèn o es veu influenciada pels següents factors:

- Ingestió total
- Quantitat de greix a la ració
- Característiques del greix a la dieta base
- Característiques del greix suplementari

Una de les principals característiques del greix, que més influència la digestibilitat és el grau de insaturació. El grau d'insaturació es mesura amb el valor iode (VI), o índex iode, com més alt sigui més grau d'insaturació. És més fàcil digerir els AG no saturats que els saturats. Si VI = 40 la digestibilitat és del 74%.

Greix

El greix és un conjunt d'àcids grassos (AG) de cadena llarga - Triglicèrids (TG), Fosfolípids, AG no esterificats, sals d'AG de cadena llarga -.

Les racions per a vaques de llet – farratges i concentrats – més usals contenen com a màxim el 2.5% de greix quan inclouen alguna llavor d'oleaginoses. El greix s'incorpora a les racions,

per sobre d'aquest nivell, principalment per augmentar la concentració energètica, i, en alguns casos, per facilitar l'absorció de nutrients solubles en el greix. També s'incorporen en els pinsos o concentrats per evitar la pols.

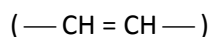
Els TG a través de la hidròlisi microbiana passen a AG + glicerol. Aquest és metabolitzat cap a propiònic; els AG es posen sobre les membranes microbianes i sobre les partícules alimentàries. Els bacteris poden incorporar els AG com a fosfolípids o emmagatzemar-los com AG lliures. Els AG de cadena llarga pràcticament no s'absorbeixen en el rumen, passen a l'intestí on són digerits juntament amb la matèria orgànica microbiana (Jouany, 1994).

La degradació dels AG llargs és insignificant en el rumen a causa de que el temps de generació dels bacteris específics és molts elevat i no els dóna temps a actuar per la renovació constant. En definitiva, els AG que deixen el rumen es componen de 85 a 90 % d'AG lliures i de 10 a 15 % de fosfolípids (microbians).

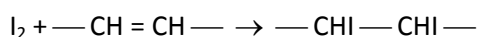
A l'intestí, per a l'absorció dels lípids es requereix la presència de la *lipasa biliar* i de la *lipasa pancreàtica*. Si a la ració s'inclouen TG protegits contra la hidròlisi microbiana al rumen, en quantitat moderada, sembla que a l'intestí hi ha suficient quantitat de *lipases* per a la hidròlisi i l'absorció. En qualsevol cas s'ha d'advertir que la *lipasa pancreàtica* pot esdevenir un factor limitant, i no es pot incorporar en els mecanismes de protecció. Això pot significar un important límit a la incorporació de greixos protegits a les racions. Si molts AG insaturats eviten la hidròlisi microbiana n'arribaran massa a l'intestí per ésser hidrolitzats i absorbits per les *lipases*.

Grau d'insaturació, Índex o Valor Iode, Digestió, Digestibilitat i Valor Energètic dels Greixos

Els AG insaturats s'identifiquen pel nombre de dobles enllaços en la seva cadena



i això és el **grau d'insaturació** - com més alt més dobles enllaços -, que es mesura a través de la reacció amb iode (*índex o valor iode*):



La **hidrogenació** dels AG insaturats és precisament aquesta reacció de *desdoblament* dels enllaços dobles.

En l'alimentació dels remugants, els AG insaturats són hidrogenats en el rumen en més o menys amplitud. (*En l'alimentació humana els AG saturats (sense doble enllaços) són difícils de digerir, i per això es busca que els greixos tinguin un grau d'insaturació alt. Si la llet de vaca tingués més AG insaturats i més de cadena curta, seria més fàcil la seva digestió, sobretot en persones delicades. No serviria de res però, incorporar greixos insaturats a la ració de les vaques ja que en el rumen s'hidrogenarien i perdrien la qualitat per la qual són bons en l'alimentació humana.*)

El **grau d'hidrogenació** dels AG insaturats que tindrà lloc al rumen depèn de la freqüència alimentària de greixos i del **grau d'insaturació**. A més freqüència alimentària de greixos menys **grau d'hidrogenació** (hi falta temps), a més **grau d'insaturació** més **grau d'hidrogenació** (almenys potencialment).

La **digestibilitat** dels AG depèn dels següents factors:

- Ingestió total de la ració
- Quantitat de greix a la ració
- Característiques del greix a la dieta base
- Característiques del greix suplementari

La principal característica del greix que afecta la **digestió** és el **grau d'insaturació**, valorat com **índex de lode (VI)**, com més alt més amplitud tindrà la digestió, la **digestibilitat** serà més alta.

Per a valors de **VI** < 40, la **digestibilitat** del greix és més baixa. I per a valors superiors de 40 la **digestibilitat** del greix és més alta. Si s'augmenta la ingestió de greix, la depressió de la **digestibilitat** és més accentuada si **VI** > 40. És a dir, que a més ingestió de greixos insaturats la depressió de la **digestibilitat** és més accentuada. Els AG saturats són menys digestibles que els AG insaturats. Els insaturats són més normals als olis vegetals.

En augmentar el **grau d'insaturació (VI alts)** el **grau d'hidrogenació** en el rumen augmenta, és a dir que la **digestibilitat** dels AG en el rumen augmenta, i existeix la possibilitat de que la fermentació ruminal s'afecti negativament. La manera de saber si la incorporació de greixos afecta negativament les fermentacions ruminals és a través de la ingestió de MS que baixa, i la taxa de greix a la llet també és més baixa.

És molt important que la velocitat d'alliberació dels AG insaturats a partir del greix incorporat sigui lenta, d'aquesta manera no afecta tan negativament la fermentació ruminal. De fet quan s'incorporen llavors oleaginoses (que tenen molts AG insaturats) l'alliberament d'AG és lent i la fermentació ruminal no es veu afectada. D'aquí que els greixos encapsats minimitzen la interacció entre el greix i els microorganismes ruminals. Igualment les sales minerals d'AG de cadena llarga saturats i els hidrogenats són exemples de la inhibició de la fermentació.

En general si la concentració de greixos a la ració és superior a 3 %, hi pot haver interaccions negatives sobre la MSI, la taxa de greix i la fermentació. Tot depèn de la dieta base. Si hi ha poc farratge, o si l'ensitjat de blat de moro és l'únic farratge, els efectes adversos guanyen els positius.

Hi ha poca evidència que la incorporació de greix a la ració afecti positivament la taxa de concepció.

La **digestibilitat** dels greixos a l'intestí també està relacionada amb el punt de fusió, en sentit invers.

Els olis vegetals tenen valors **VI** més alts que no els greixos animals (amb l'excepció de l'oli de palma (**VI** = 50)).

Exemples de valors **VI** i contingut d'AG (%) d'alguns greixos

Oli de soja	131	10 (C16:0)	23 (C18:1)	51 (C18:2)	6 (C18:3)
Greix de cavall	82	22 (C16:0)	43 (C18:0)	18 (C18:1)	
Greix de porc	48	24,5 (C16:0)	20 (C18:0)	41 (C18:1)	
Id. hidrolitzat	12	39,7 (C16:0)	42,7 (C18:0)	11 (C18:1)	

Com més contingut d'AG insaturats hi ha més **VI**.

Amb la incorporació de greix a la ració s'han de tenir en compta diversos factors per saber i mesurar els seus efectes: El tipus de greix, els ingredients de la ració base, l'estat de lactació de la vaca (quan en la literatura es diu que l'efecte d'un factor, depèn de l'estat de lactació de la vaca, automàticament s'ha de pensar que és inútil creure en els beneficis derivats d'incorporar-lo a la ració total, si el lot de vaques no és homogeni en l'estat de lactació), entorn i ambient, nivell productiu i maneig del racionament.

Les llavors oleaginoses, les mescles de greix animal amb vegetal i el greix animal són greixos acceptables per a la complementació. No obstant, a la vista de la possible afectació negativa de la fermentació ruminal, potser convenient l'ús de greixos inerts ruminalment.

Per últim, s'ha d'observar que la incorporació de greixos pot afectar negativament la digestibilitat del Ca i del Mg, al formar sabons insolubles amb els cations en el rumen, i als intestins. Per aquest motiu es recomana, si s'incorpora greix, augmentar les concentracions de Ca i Mg a la ració.

El nutricionista en qualsevol cas el que ha de fer és estudiar el conjunt de l'explotació, i no incorporar greixos només pel fet de que els càlculs de la ració siguin més fàcils.