



## Ácidos graxos

*"De diagnosticar problemas de producción coma a diminución da graxa presente no leite, é fundamental coñecer a carga de ácidos graxos insaturados do rume (RUFAL). Se a RUFAL supera o nivel de alerta do 3,5 %, a inxesta de ácidos graxos insaturados podería atoparse no límite máis alto, polo que o seguinte paso sería examinar que é o que está a provocar esta elevación da RUFA"*

Dr. Tom Jenkins,  
Universidade de Clemson

A graxa é un compoñente importante de calquera ración. As graxas serven como fonte de enerxía para o mantemento, a produción de leite ou o aumento de peso corporal. Estas poden definirse como compostos que teñen un alto contido en ácidos graxos (AG) de cadea longa, incluídos os triglicéridos, os fosfolípidos, os ácidos graxos non esterificados e os sales de ácidos graxos de cadea longa. Os ácidos graxos de cadea longa son os que máis enerxía achegan en comparación con outros ácidos graxos.

Tradicionalmente, o contido en graxa dos alimentos determinouse mediante a extracción con disolventes, na maioría dos casos con éter. Ademais da graxa, os disolventes tamén poden solubilizar pigmentos vexetais, ésteres e aldehidos. Por esta razón, o resultado denomínase "graxa bruta" e indícase como "% de graxa bruta" nos informes analíticos.

Recentemente, para caracterizar de forma óptima o contido en materia graxa dos alimentos forraxeiros emprégase o parámetro de ácidos graxos totais (AGT). O procedemento de determinación de AGT é específico para a graxa e elimina a posible contaminación cos compostos mencionados anteriormente. Como tal, o parámetro de AGT mide de forma máis precisa o contido real en graxa dos alimentos.

### Terminoloxía dos AGT para nutricionistas:

*Ácidos graxos saturados (AGS):* trátase de ácidos graxos que non teñen dobres enlaces de carbono e aparecen nos informes como número:0, por exemplo, C18:0.

*Ácidos graxos monoinsaturados (AGM):* son os ácidos graxos que teñen un dobre enlace de carbono e aparecen nos informes como número:1, por exemplo, C18:1.

*Ácidos graxos poliinsaturados (AGP):* son os ácidos graxos que teñen máis dun dobre enlace de carbono e figuran nos informes como número:2 ou cun número superior, por exemplo, C18:2 e C18:3.

*Ácidos graxos insaturados (AGI):* o total de AGM e AGP.

**Carga de ácidos graxos insaturados no rume (RUFAL):** representa a suma dos ácidos graxos C18:1 (ácido oleico), C18:2 (ácido linoleico) e C18:3 (ácido linolénico).

Cando se atopan en grandes cantidades na dieta, demostrouse que estes ácidos graxos insaturados (AGI) provocan alteracións na fermentación ruminal e afectan negativamente o rendemento dos animais. Tamén pode producirse unha diminución da produción de leite

debido á redución da inxesta de alimento e da dixestibilidade da fibra, así como unha diminución da graxa presente no leite. O nivel de alerta de RUFAL recomendado na actualidade é o 3,5 % do total da materia seca (MS) presente na dieta (Jenkins, 2013). Véxase a seguinte táboa:

RUFAL <3,5 % da MS total	Indica que a carga de lípidos no rume non é excesiva e que probablemente non provoque problemas de produción e diminución da graxa presente no leite.
RUFAL >3,5 % da MS total	Indica que a inxesta de graxa é elevada e recoméndase revisar exhaustivamente a dieta e outros factores de risco, coma a inxesta excesiva de graxa, o baixo pH do rume, a cantidade e o tipo de gran e o perfil da forraxe.

O Dr. Tom Jenkins, cuxa investigación se centra no metabolismo dos lípidos no gando destinado á produción leiteira e nos aspectos prácticos da alimentación con graxa, recomenda actuar coa debida precaución respecto á guía do 3,5 % de RUFAL. As e os usuarios non deben interpretar o valor como un valor limiar fixo por enriba ou por baixo do cal se producirá a diminución da graxa presente no leite. É necesario realizar máis investigacións ao respecto para determinar un nivel reproducibile e preciso de RUFAL para predicir esta diminución.

A investigación complementaria presentada por Jenkins na Conferencia de Nutrición de Cornell de 2020 proporciona máis datos que mostran que os ácidos graxos son importantes para os procesos fisiolóxicos do animal; que resulta de vital importancia controlar as mesturas de ácidos graxos na dieta basal e nos produtos derivados para que o rume funcione correctamente; e que unha carga de ácidos graxos non controlada adecuadamente no rume (RUFAL) pode diminuír a graxa presente no leite a través da produción de inhibidores no rume (Jenkins, 2020).

O mecanismo que modifica a produción de graxa do leite na vaca parece estar relacionado coa vía de biohidroxenación dos ácidos graxos da dieta, que, á súa vez, está influenciada pola composición nutricional do alimento, especialmente a composición de ácidos graxos.

Os altos niveis de RUFAL no rume poden causar un cambio na poboación bacteriana ao matar ou inhibir o crecemento das bacterias beneficiosas *B. fibrisolvens* e permitir o predominio de *C.*

acnes, cambiando así a vía de biohidroxenación do rume da vía "beneficiosa" da graxa láctea trans-11 a unha vía alternativa e menos eficiente coñecida coma trans-10, que produce substancias intermedias que reducen a graxa láctea, tamén coñecida coma "cambio de trans-11 a trans-10".

Pódense utilizar controis dietéticos para axudar as e os produtores a manter o rume na vía trans-11. É importante formular dietas que manteñan o pH ruminal no rango óptimo e eviten a acumulación de ácido láctico. Isto lógrase a través dunha gran cantidade de parámetros nutricionais e de manexo que interaccionan entre si, tales como o tipo e a cantidade de amidón, a frecuencia de alimentación, o amoreamento, o espazo das camas ou a mestura de TMR, entre outros.

Por último, débense controlar a cantidade e o tipo de RUFAL presentes na dieta para manter a biohidroxenación da trans-11. Avalíe as fontes de RUFAL e calcule os riscos na dieta. A seguinte ecuación é unha estimación de risco proposta por Jenkins para calcular as libras de graxa de alto risco que poden ser subministradas evitando potencialmente os efectos negativos da graxa:

$$\text{lbs. de graxa de alto risco} = (4 * \text{FND} * \text{IMS}) / (\text{AGI} * \text{AG})$$

onde,

**FND** = fibra deterxente neutro (aFDN), % de DM

**IMS** = libras de inxesta de materia seca

**AGI** = ácidos graxos insaturados totais, % dos ácidos graxos totais no produto de alto risco

**AG** = ácidos graxos totais, % de MS no produto de alto risco

Por exemplo, un alimento cos seguintes valores:

**FND**- 30 %

**IMS**- 50 libras

**AGI**- 81 % (RUFAL expresado en % AGT)

**AG**- 12 %

Obtense un valor estimado de 6,2 libras de alimento que un produtor podería subministrar para evitar os efectos negativos da graxa.

No certificado de ensaio NIR de ácidos graxos totais de Dairy One, o contido en ácidos graxos non saturados no rume (RUFAL) e o contido en ácidos graxos totais (AGT) exprésanse como porcentaxe de materia seca. Para calcular o termo da ecuación AGI hai que expresar o parámetro RUFAL como % de AGT e non como % de MS.

As fontes de RUFAL de baixo risco inclúen o feo, o millo non procesado e a ensilaxe de millo, as sementes oleaxinosas enteiras e os sales de calcio de ácidos graxos. As fontes de RUFAL de alto risco son o millo, as sementes oleaxinosas moídas, as graxas/aceites, os residuos de panadería e as fabas tostadas.

## Ácidos graxos totais ofrecidos por Dairy One

En Dairy One, os ácidos graxos analízanse por cromatografía de gases tras a súa extracción e illamento, o que permite realizar unha análise pura dos triglicéridos da mostra. Este método de extracción emprega pasos de permeación, hidrolización e metilación para alcanzar a alta precisión necesaria para illar e medir os ácidos graxos de interese.

A cromatografía de gases é tamén o método empregado para xerar os datos de química húmida utilizados para desenvolver a calibración de ácidos graxos totais mediante NIR. Actualmente, Dairy One ofrece unha análise de ácidos graxos totais mediante NIR que inclúe ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico, RUFAL e AGT. Este paquete está dispoñible para mostras de forraxe, forraxe e pradería fresca, ensilado de pradería e ensilaxes de millo e millo fresco. Para TMR (ración *unifeed*), inclúe os mesmos elementos de ácido oleico, ácido linoléico, ácido linolénico, RUFAL e AGT, ademais do C16:0 (ácido palmítico) e C18:0 (ácido esteárico).

Os ácidos graxos totais seguen sendo obxecto de investigación para determinar o seu impacto total na nutrición animal. A continuación, descríbese brevemente a importancia básica dos ácidos graxos totais máis significativos.

**O ácido oleico** é un ácido graxo monoinsaturado e represéntase como C18:1. É sintetizado e utilizado polas vacas para axudar a dixerir as graxas da dieta. É importante na vaca leiteira de alta produción para manter ou aumentar o índice de condición corporal a través da estimulación da insulina e tamén para mellorar a fertilidade. De administralo, o momento chave é durante o inicio da lactación, que é cando mellora a fertilidade e distribúe os nutrientes cara aos depósitos de graxa corporal.

**O ácido linoleico** é un ácido graxo poliinsaturado. Ten dous dobres enlaces de carbono e represéntase como C18:2. É un ácido graxo esencial, o que significa que debe inxerirse, xa que non pode ser sintetizado pola vaca. Utilízase para formar outros ácidos graxos que son vitais para as funcións dos tecidos e a fertilidade, así como para inducir o parto. Atópase en moitos dos ingredientes dos pensos máis usados e, polo xeral, non se engade como suplemento. Uns niveis demasiado altos poden reducir a fertilidade.

**O ácido linolénico** é un ácido graxo esencial poliinsaturado. O ácido linolénico ten tres dobres enlaces de carbono e represéntase como C18:3. Úsase para formar outros ácidos graxos que son vitais para as funcións dos tecidos, a fertilidade e a supervivencia dos embrións. A administración de suplementos ao principio da lactación mellora a supervivencia e o desenvolvemento do embrión.

**O ácido palmítico** é un ácido graxo saturado e represéntase como C16:0. É un compoñente importante para a vaca leiteira porque mellora a produción de graxa do leite. É mellor subministrar desde a metade ata o final da lactación. Nas vacas que inician o período de lactación, a administración de suplementos de ácido palmítico pode provocar un descenso nos índices de condición corporal debido á distribución de nutrientes no leite en lugar de nas reservas

corporais. Con todo, nos ciclos cun equilibrio enerxético negativo, o índice de condición corporal pode aumentarse mediante a suplementación.

O **ácido esteárico** é de tipo saturado e represéntase como C18:0. É tamén un compoñente de ácido graxo integral para o rendemento xeral do leite e da graxa láctea. A desaturación do ácido esteárico permítelles as glándulas mamarias producir ácido oleico, o que fai que o ácido esteárico desempeñe un papel máis importante que o palmítico na produción de leite. Na actualidade, non se identificaron períodos chave para fornecer suplementos de ácido esteárico.

Dairy One comezou a ofrecer análise de ácidos graxos totais en 2016 mediante análises de química húmida e recolleu datos relacionados con diferentes tipos de mostra. As estatísticas relacionadas con estes resultados para diferentes tipos de mostra pódense ver nas táboas 1-4.

Táboa 1. Estatísticas de química húmida da ensilaxe de millo - % de ácidos graxos, base de materia seca

Ensilaxe de millo	C18:1C	C18:1T	C18:2	C18:3	AGT	RUFAL
Mínimo	0,05	0,01	0,30	0,03	1,45	0,87
Máximo	0,88	0,02	1,57	0,52	3,17	2,43
Media	0,43	0,02	1,02	0,14	2,25	1,61
Desviación típica	0,12	0,00	0,22	0,07	0,37	0,33

Táboa 2. Estatísticas da química húmida do feo - % de ácidos graxos, base de materia seca

Feo	C18:1C	C18:1T	C18:2	C18:3	AGT	RUFAL
Mínimo	0,01	0,00	0,02	0,01	0,31	0,06
Máximo	0,28	0,08	0,60	0,61	2,24	1,12
Media	0,05	0,01	0,16	0,19	1,02	0,40
Desviación típica	0,03	0,01	0,10	0,15	0,47	0,24

Táboa 3. Estatísticas da química húmida da ensilaxe de pradería - % de ácidos graxos, base de materia seca

Ensilaxe de pradería	C18:1C	C18:1T	C18:2	C18:3	AGT	RUFAL
Mínimo	0,01	0,00	0,07	0,04	0,65	0,18
Máximo	1,15	0,17	0,90	2,80	6,57	3,40
Media	0,06	0,04	0,33	1,19	2,66	1,62
Desviación típica	0,11	0,03	0,11	0,77	1,02	0,79

Táboa 4. Estatísticas da química húmida de TMR (ración *unifeed*), - % de ácidos graxos, base de materia seca

TMR	C16:0	C18:0	C18:1C	C18:1T	C18:2	C18:3	AGT	RUFAL
Mínimo	0,02	0,04	0,02	0,01	0,38	0,03	1,54	0,97
Máximo	2,95	1,49	3,16	0,92	3,30	1,73	9,84	5,42
Media	0,82	0,16	0,82	0,06	1,50	0,31	3,99	2,67
Desviación típica	0,43	0,16	0,42	0,08	0,57	0,25	1,33	0,92

#### Referencias:

<https://myemail.constantcontact.com/Dairy- One- Forage-Lab---October-Newsletter.html?soid=1114254466406&aid=nhdGa0tGDxA>

<https://animal.ifas.ufl.edu/apps/dairymedia/rns/2017/Loften.pdf>

<http://www.fattyacidforum.com/feed-lipids-nomenclature-and-analysis-dr-tom-jenkins/>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24913651>

<https://www.dairyherd.com/article/some-fatty-acids-work-others-not-so-much>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22435414>

<http://www.megalac.com/about/news/154-fatty-acids-in-feeding-programmes-for-dairy-cows>

<https://agmodelsystems.com/the-nutritionist-2019-jenkins/>

<https://agmodelsystems.com/dr-adam-lock-supplemental-fatty-acids-in-lactating-cow-diets-myth-and-reality/>

<https://agmodelsystems.com/2016-webinar-series-dr-tom-jenkins-fatty-acids-in-lactating-cow-diets-may-11-2016/>

<http://www.fattyacidforum.com/wp-content/uploads/2020/01/RUFAL-What-it-IS-and-What-it-is-NOT-%E2%80%93-Dr.-Tom-Jenkins.pdf>

Jenkins, T. C. (2020). Cornell Nutrition Conference. [Managing the diet to Control Ruminal Fatty Acid-Microbial Interactions That Reduce Milk Fat Synthesis](#)