



优百特

UNITED BIO-TECH
为绿色养殖加油

广州市优百特饲料科技有限公司

— GUANGZHOU UBT FEED SCI & TECH CO.,LTD. —



精准脂肪酸营养及其优化的意义

(Importance of Accurate Fatty acid Nutrition and optimization)

孙丽华 Ph.D

广州市优百特饲料科技有限公司

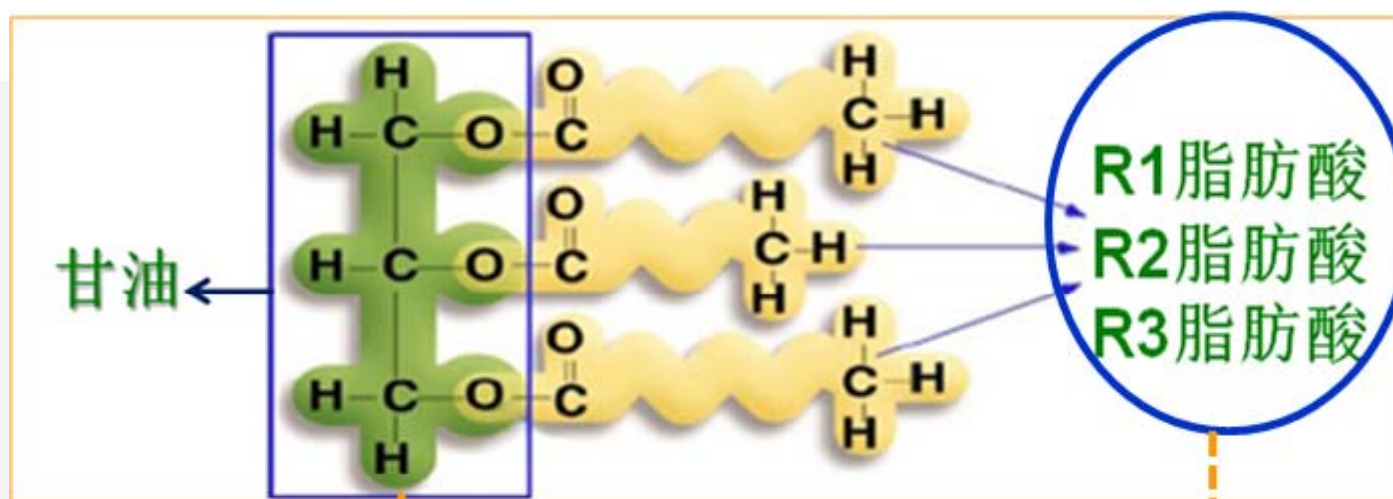
2013-12-20，福州

主要内容

Contents

- ① 饲用油脂的营养性分析与能值情节
- ② 精准脂肪酸...油脂属性决定者
- ③ 脂肪酸的完美比例
- ④ 脂肪酸优化对哺乳母猪与仔猪的意义

脂 肪：甘油三酯 (Lipids or Fat)



能量贡献：...10%

能量贡献：...90%
R1+R2+R3 碳链长短、双键位
置与数目...有效能)

值得关注的脂肪酸： (Fatty Acids You Must Know)

∞ ~~C8, C10, C12, C14:0 中链饱和~~

∞ C16, C18 长链,

饱和 -- C16:0, C18:0,

不饱和 -- C18:1, C18:2 (ω6), C18:3 (ω3)

∞ ~~C20:5 (EPA), C22:6 (DHA) 超长链, 高不饱和~~

天然脂肪酸：偶数碳、直链

(Natural Fatty Acid)

∞ C8~24

∞ 动物吸收：偶数碳的脂肪

FA: β -氧化，合成，

一次分解下来或加上2个碳原子



纠结中。。。。

重蛋白，轻能量

- 1、低蛋白，高脂日粮？
- 2、标签：蛋白低限，能量？
- 3、**DE,ME**，估算值，实测**ME**？
- 4、粗脂肪：与消化率相关性？
- 5、低成本：极具性价比？

明知利用率低，仅为能值

对脂肪酸的疑惑



纠结中。。。。

- 1、蛋能比，赖能比--- Lys/ ω 3FA
- 2、高需求，如何高配制
- 3、数据库：
- 4、能值，由谁来提供？
- 5、脂肪酸的平衡：木桶效应

**一、饲用油脂的营养性分析

12种可选择的饲用油脂，能值情节？

1、首选：



****亚油酸C18:2: 50~55%;**

能值：DE-8750/ NE-7550

一半以上的能量由亚油酸提供

利用率？4级，毛油，极具经济性？

如此相似---营养性差异？

	<u>脂 肪 酸 组 成%</u>					
	C \leq 14	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2-n6	C18:3-n3
玉米油	0.01	10.19	2.49	27.67	59.57	0.01
大豆油	0.06	10.11	4.83	23.77	51.63	7.63

肉鸡增重：大豆油>玉米油

仔猪增重：豆油+椰子油>椰子油>大豆油>玉米油

**含油的蛋白性原料

2、：膨化大豆



*含豆油**18%**；蛋白**35%**，适口性

*贡献：低蛋白日粮，减豆粕用量

*脂肪酸结构同豆油

*挤压膨胀，油脂外露，抗氧化处理？

*夏季：浓缩高比例矿物，哈喇。。。

**也相似的饲用油脂？

3、夏季： 椰子油



棕榈仁油？



~~月桂酸C12:0：45~51%；~~

能值：DE-7200/ NE-6200

熔点：19-22℃，冬季伴热。。。。

如此相似---营养性差异？

	脂肪酸组成%							
	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2
椰子油	6.5	5.6	46.7	18.4	9.6	2.7	7.5	2
棕榈仁油	2.9	3	48.2	16	8.5	2.3	16.3	2.4

1%中链功能脂肪--MCT贡献：10%椰子油 / 20%仁油

**廉价的饲用油脂①

4、夏季： 棕榈油



棕榈酸C16:0: 40~45%;

能值: DE-7000/ NE-6000

熔点: 33/24/16/8°C, 食品

52/58 °C, 化工

**廉价的饲用油脂②

5、粉末油脂（饲料级水解油脂）：棕榈酸硬酯



- 总脂肪>99%;
(棕榈酸高熔点分提物)
- 棕榈酸C16:0>75%
- 熔点: >53℃
- 能值: 低于棕榈油
- 来源: 马来西亚、印尼的棕榈油

反刍适用，却被大量使用于单胃

**廉价的饲用油脂③

6、米糠毛油：



- 糠蜡3-9%;
- ~~油酸C18:1 45%~~
亚油酸C18:2 35%
- 易氧化酸败（解脂酶）
- 能值：DE7300/NE6300

****廉价的资源性饲用油脂④**

7、大豆油副产物：磷脂油——最廉价植物油



- 总磷脂**>55-60%**;
(脑/卵磷脂各**20%**)
- 大豆油**30-35%**;
- **50%亚油酸C18:2**
- 流动性差，粘，
- 能值：**DE7500/NE6500**

**廉价的资源性饲用油脂⑤

8、淡水鱼油：越南Basa鱼油=24度棕榈油



能值？稳定性？

- 无功能性脂肪酸，无腥
EPA+DHA=0
- 价格低廉，经济性考虑，**6000元/T**
- 熔点高，**20℃**，伴热
- ~~固体部分：棕榈酸C16:0~~
20~40%
液体部分：油酸C18:1 40%

**昂贵的饲用油脂—深海鱼油

9、海洋鱼油：



- 功能性脂肪酸
~~(EPA+DHA > 25%;)~~
- 超长链，过不饱和
- 能值：DE-8500/NE7300

双刃剑

- 品质不好的鱼油，隐患
- 高品质鱼油，繁殖阶段

****超贵的油脂——中链功能脂肪**

10、中链脂肪MCT:

∞ 功能性脂肪酸 >95%

—(C8+C10)

∞ 供能速度: 6倍于豆油

∞ 能值: 8800?

●最昂贵的油脂---M C T (Most Expensive Energy:M C T)

∞ M C T 结构脂肪：中链甘油三酯 (C, H, O)

辛酸 C 8 (6 0 %)

癸酸 C 1 0 (4 0 %)

∞ **碳链短**，无需肉毒碱转运，直接线粒体氧化供能，

∞ **不做为模板**，合成体脂

● MCT的性质与功能

∞ 常温液态，无色透明无味，

粘度极低（一半）

∞ 从何而来：

1 自然界天然存在；

2 人工合成：水解酯化——椰子油/棕榈仁油

水解蒸馏得脂肪酸，再酯化。



∞ 价格昂贵，2.8-3万/T

随椰子油与仁油价格波动

∞ 仅含中链脂肪酸：C8C10

1 自身---乳化剂

2 快速燃烧供能：

3 极好的氧化与冷却稳定性

● 关于 冷却稳定性：

高纯度C8, C10甘油酯：熔点分别为15和30℃；

混合C8C10甘油酯熔点：-15℃。

极低温储存，不结晶亦无需加热。

● MCT的生产过程:

椰子油/棕榈仁油

↓ 水解

脂肪酸、甘油

↓ 分馏

C8/C10脂肪酸

甘油 ↓ 酯化

↓ 精炼

MCT油

●关于MCT应用

- 化妆品
- 医疗：中链脂肪乳营养剂
- 食品工业：新生婴儿/运动员体力/减肥
- 饲料工业：弱仔**救助**/缩短**产程**/
断奶**应激**/快速**供能**

● MCT可部分：代替植物油

- 使用时注意：

应包含足量 $\omega 6$ 和 $\omega 3$ 脂肪酸及磷脂
(搭配比例？植物油3，MCT7)

- 分子量低：脂肪酸占甘油酯比例低于长链
快速供能，不做为体脂沉积。
添加量不是越多越好！

**初期的油脂组合——碳链/饱和

11、最早的脂肪酸组合：

- 豆油+椰子油：长短链/饱和与不饱和

- 开始考虑U/S, n6/n3
- 伴热系统
- 脂肪利用率：提高10% （幼小）

**超值的油脂组合——长中短链FA

12、优化的中链与超长链脂肪酸及磷脂组合：

- 亚油酸过剩：提高n3-PUFA
 - 脂肪利用率：幼小与繁殖阶段
 - U/S, n6/n3：玉米-豆粕型基础脂肪酸比例
 - 脂肪粉末化：微胶囊或吸附
- MCT与磷脂的使用
- 赖氨酸与亚麻酸比例：? Lys/ω3

****12种油脂选择——能值情节。。。**

- 能值--由脂肪酸决定

~~为什么豆油的能值最高？C18, C-H键最多~~
~~幼小动物对18碳酸利用率？~~

不考虑**功能性**时，油脂仅提供能值？

利用率**由谁**决定：

- 脂肪酸优化：功能脂肪酸，又确保能量极高被利用

- 寒冷冬季

? 能量需求?

含有能值的油脂

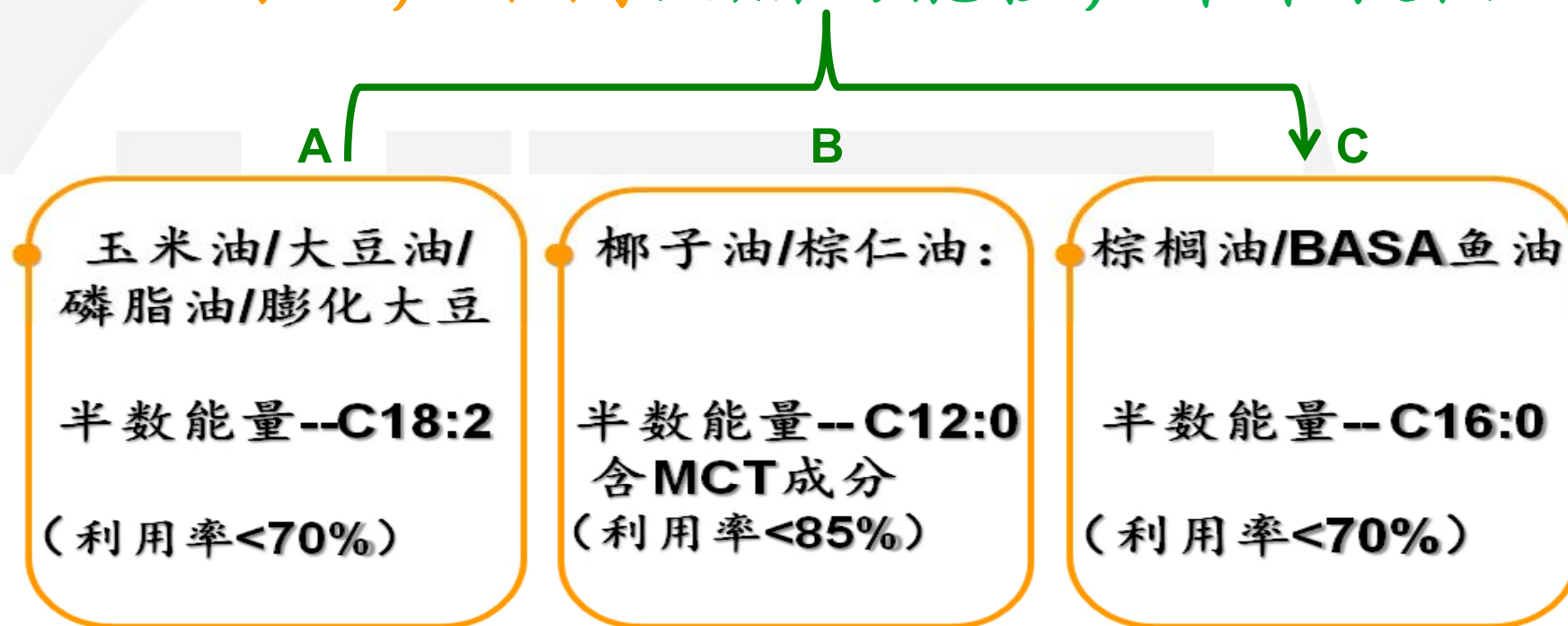
完全解决生长与毛色问题?

- 炎热夏季

热应激：热增耗最小原则，考虑油脂利用率

采食量：保证每1g油脂充分被利用

****综上，不同油脂的能值，谁来提供？**



长链，不饱和

中链，饱和

长链，饱和

A? A+B? B? B+C? C组合

玉米-豆粕型日粮。。。。

玉米含油**3.5%**； 豆粕含油**1.9%**

- 玉米油： **$60\% \times 3.5 = 21\text{kg/T}$**
- 豆油： **$18\% \times 1.9 = 3.5\text{kg/T}$**
- 即一吨饲料含亚油酸**1.2%** **$(21+3.5)/2 = 12\text{kg/T}$**

- 大豆油或膨化大豆。。。。

过剩亚油酸

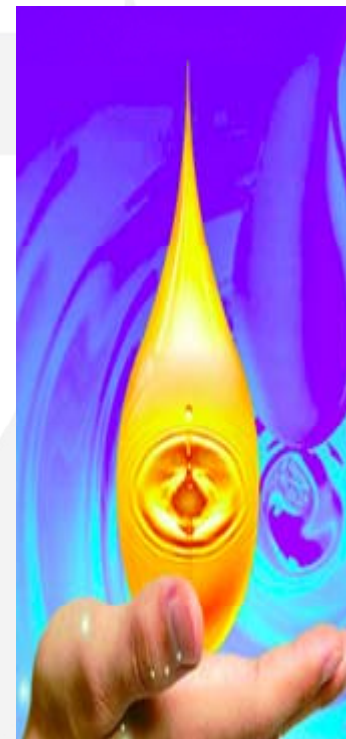
**高脂日粮—脂肪酸组合。。。

- 幼小动物

碳链短，供能快速；

- 繁殖阶段：

富含 ω 3鱼油—功能脂肪酸
高脂高纤维；肠道健康
母乳成分---仔猪生长



小结

- *饲用油脂12种选择的营养性分析：性价比
- *能值情节：利用了多少
- *不同生理阶段：功能脂肪酸需要
- *脂肪酸结构与比例：决定油脂属性

**二、精准脂肪酸营养

脂肪酸：油脂属性的决定者

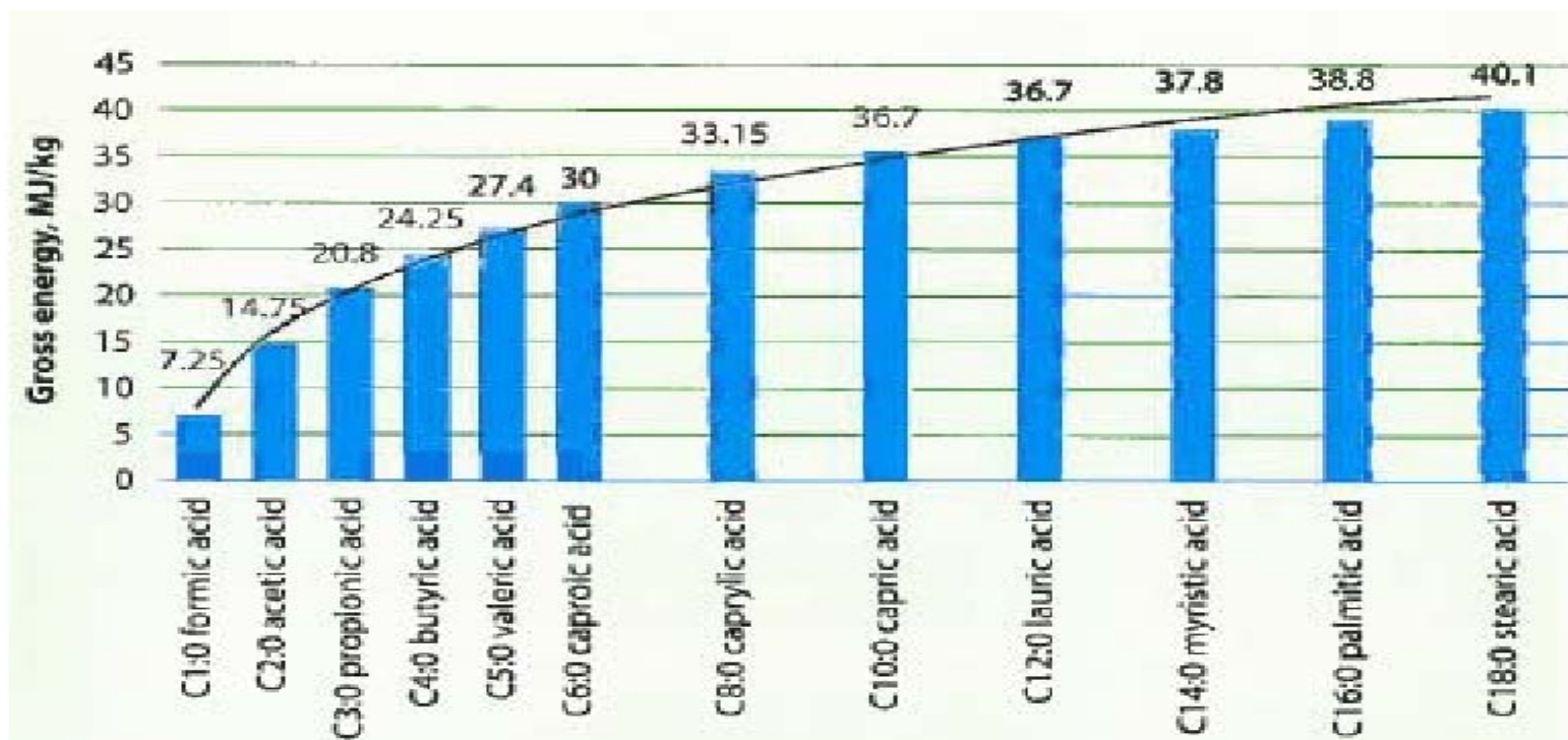
1、常用油脂的脂肪酸组成

脂肪酸组成	脂 肪 酸 组 成%					
油脂	C ≤ 14	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2-n6	C18:3-n3
玉米油	0.01	10.19	2.49	27.67	59.57	0.01
大豆油 ✓	0.06	10.11	4.83	23.77	51.63	7.63
磷脂油	0.02	15.25	4.53	17.14	53.00	5.80
棕榈油 ✓	1.01	40.78	3.98	43.11	10.14	0.49
米糠油	0.03	15.99	2.15	46.08	30.51	0.60
椰子油 ✓	74.64	8.85	2.66	6.67	2.27	0.03
猪油	2.00	25.00	15.00	45.00	9.00	2.00
禽油	0.00	23.30	5.20	43.00	17.00	1.00

脂肪酸性质决定油脂的价值

- 脂肪酸中所含能量？ C-H 键含量越高，所含能量越高

Energy from fat



2、油脂如何吸收

- **长链脂肪：**

- 胰脂肪酶1, 3位水解，
2分子脂肪酸 +1分子单甘酯

1. 以单甘酯为模板，自身脂肪沉积；
2. FA进入线粒体， β -氧化，产生ATP，供能

- **乳脂**，Sn-2位置的脂肪酸，饱和，C16

- **纯猪脂：** Sn-2饱和酸，无需胆汁乳化

● 中链脂肪MCT如何吸收：

- 胰脂肪酶水解，
- 形成 3分子脂肪酸 和 1分子甘油

全部.FA进入线粒体， β -氧化，
产生ATP，供能，快速

3、脂肪酸的消化吸收与此相关：

- 分子量：短链>长链脂肪酸
- 饱和程度：不饱和>饱和脂肪酸
- 乳化程度：脂肪微粒
- 三酰甘油中脂肪酸的排列
- 日粮不饱和与饱和脂肪酸比例，线性相关
- n6与n3脂肪酸比例，

4、脂肪酸需要量与此相关

1) 高脂日粮

- 不同系列脂肪酸：同一酶系统，同一代谢步骤
不同底物：竞争
- 必需功能脂肪酸：有效利用
- 脂肪酸组成：仔猪利用脂肪最主因

2) 生理状况

- 快速生长:新生组织, PUFA脂肪酸;
- 特定生理状况(妊娠、哺乳):代谢强度增高

3) 营养调控

- 调控日粮脂肪酸, 改变猪体及乳汁脂肪酸组成。
- 随日粮必需脂肪酸水平增高

5、脂肪酸的体外合成速度与此相关

- 高脂日粮高于高淀粉日粮
- 限饲高于自由采食
- 背膘厚高于背膘薄

6、脂肪酸的缺乏？

- 常规日粮：不缺乏
- 幼龄动物、应激或日粮脂肪酸结构比例竞争不适：缺乏存在

7、脂肪类别与脂肪酸回肠消化率

- 短链脂肪酸的同分异构
- 熔点低脂肪酸，快速形成乳糜微粒
- 脂肪合成取决于脂肪酸利用率

文献支持

- **不饱和**比饱和脂肪酸易吸收（椰子油除外），明显线性关系，Freman（1963）：
- **仔猪**：脂肪消化率取决于日粮U/S，仔猪消化率，明显线性， $U/S > 1.5$ ，消化率为85%~92%； < 1.5 ，消化率直线下降。Stably（1984）：
- **生长猪**：U/S呈指数反应， $U/S = 2.0$ ，消化率最高。 $U/S = 5.71$ ，消化率仍有提高。Powles（1994）
- 断奶仔猪：**卵磷脂**提高脂肪利用率（Jones，1998）
- 近几年，试验将不同脂肪酸组成的油脂混合，利用脂肪酸结构与比例**组成互补性**，提高油脂利用率，效果好于单一油组

小结

- *油脂消化吸收：脂肪酸分子结构
- *脂肪酸性质：决定油脂的能量价值
- *不同生理阶段：脂肪酸组合，算一笔账
- *日粮规划：脂肪酸含量精准化
有待研究：

**三、脂肪酸的完美比例

- **原料油**：脂肪酸组成，知多少？

- **饲用原料**：**脂肪酸**：不能忽略不计

玉米60%、豆粕15-20%、DDGS-5%、小麦、
鱼粉

玉米油的脂肪酸组成

固定了玉米-豆粕型日粮的U/S与n6:n3

玉米油： $\omega 3 \approx 0$



优百特
UNITED BIO-TECH
为绿色养殖加油

- 不足的中短链脂肪酸

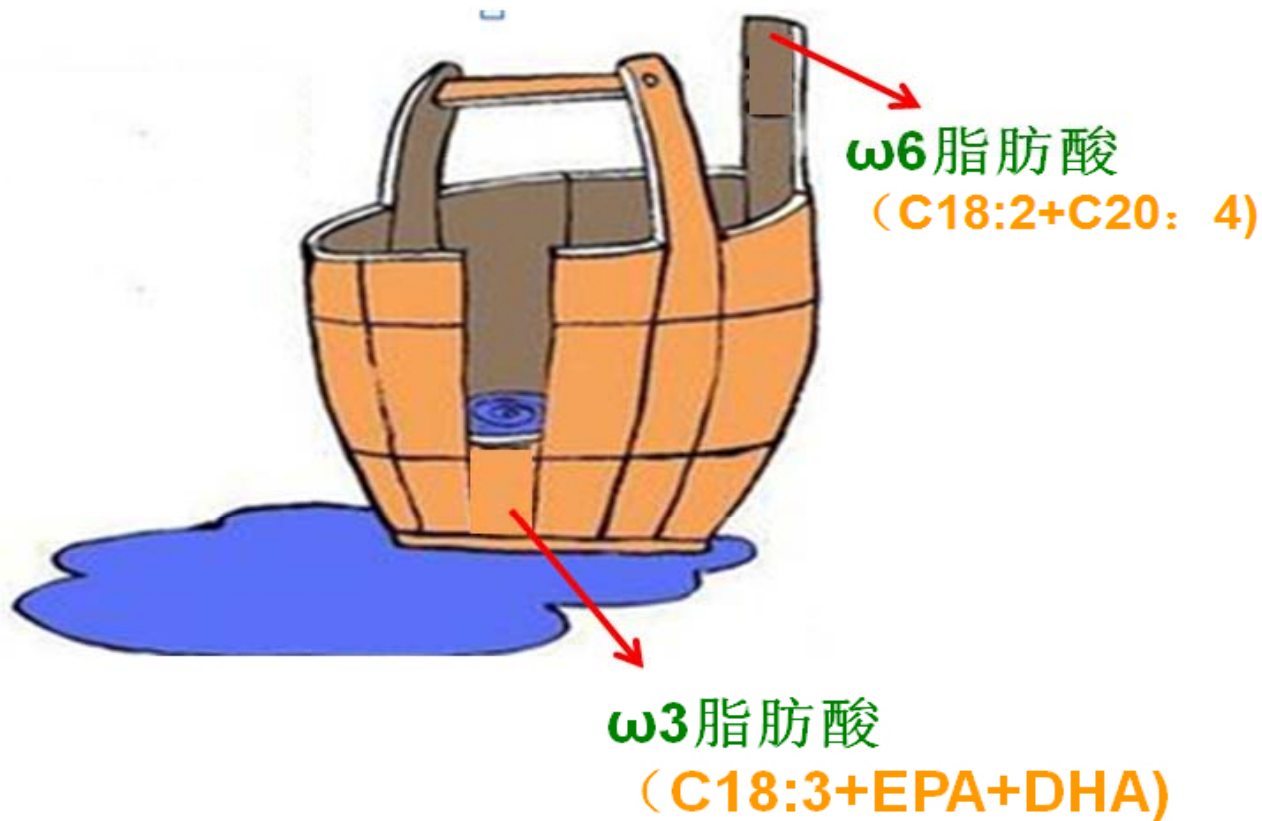
- 椰子油
- **MCT**中链功能脂肪
- 磷脂

- 不足的 ω 3脂肪酸

- 鱼油：
- 亚麻籽油

以亚油酸为主的豆油或膨化大豆。。。

木桶效应一样存在



- 1、所有能量来源:必须保持合适比例

*蛋白质 (5.6)、脂肪 (9.4) 和碳水化合物 (4.2)

**在脂肪提供的能量中:

饱和SFA、

不饱和UFA

{单不饱和MUFA、

{多不饱和: ω -6PUFA、 ω -3PUFA

脂肪酸比例的失调：

- $n6/n3$: 4 ~ 6 : 1 (猪乳脂)

目前营养结构中 : 10 ~ 30 : 1

- U/S比例失调

1.5 ~ 2.0(幼小) ; 2.25 ~ 3.5 (生长)

目前 : $U/S \geq 4$ (源自食品营养)

中短链脂肪酸的比例？

以保育料为例，脂肪酸比例的失调：

1、不外加油脂与膨化大豆：

总脂肪=2.52%，

C18 : 2=1.1 ; C18:3=0.04

U/S= 4.98; n6:n3= 25

以保育料为例，脂肪酸比例的失调：

2、外加豆油或膨化大豆（2.5% or 15%）：

总脂肪=5.04%，

C18 : 2=2.38 ; C18:3=0.24

U/S=6.25; n6:n3=9.93

如果外加豆油或膨化大豆---

- 多不饱和脂肪酸增加一倍；U/S比值升高50%;
- $\omega 3$ -(C18:3)脂肪酸增加5倍,
(大豆油C18:3为5-8%;玉米油为0%) ;
- n6:n3比值降低60%;

如果外加玉米油---

- 多不饱和脂肪酸增加一倍；U/S比值升高50%;
- ω 3-(C18:3)脂肪酸不变,
(玉米油C18 : 3为0%) ;
n6:n3比值升高2倍;

大豆油效果优于玉米油
二者价差<300时，豆油首选

如何将U/S比降至1.5-2.25？

- 增加中短链饱和脂肪；
- 降低亚油酸给量

如何将n6:n3比值降到5左右？

- 增加 ω 3脂肪酸；
- 降低 ω 6-亚油酸给量

增加或降低的比例？



脂肪酸组合对断奶后5周仔猪 生产性能的影响（d21 weanling）

组别 指标	空白 对照组	豆油组	椰子油组	75%豆油 + 25%椰子油组	50%豆油 + 50%椰子 油组	25%豆油+ 75%椰子油 组
采食量 (g)	514	553	592	546	593	556
日增重 (g)	359	390	422	409	436	409
料重比	1.47	1.43	1.41	1.38	1.36	1.38

- **2、赖氨酸与何种脂肪酸之间存在平衡？比例？**

Lys/C18:2=0.5? Lys/C18:3=5? (for piglets)

蛋能比

赖氨酸能量比

赖氨酸脂肪酸之比？

赖氨酸水平对添加脂肪的影响（断奶0-21d）

温度 指标	20℃				32℃		
	Lysine				Lysine		
	0.7	1.0	1.3		0.7	1.0	1.3
ADG (g)	0% Fat	178	361	337	162	260	329
	5% Fat	199	292	375	115	281	332
F/G	0% Fat	2.52	1.73	1.81	2.16	1.83	1.55
	5% Fat	2.86	1.90	1.70	2.87	1.79	1.59

* 3、动物真正需要什么样的油脂？ (Which Fat does piglets really need?)

脂肪酸含量%	母猪乳汁	猪体脂	大豆油
饱和脂肪酸	40	40	15
单不饱和	48	47	22
多不饱和	12	12	63
不饱和/饱和 (U/S)	1.5	1.5	5.67



优百特
UNITED BIO-TECH
为绿色养殖加油

脂肪酸结构与比例	产房母猪乳汁
C14:0	3.3
C16:0棕榈酸	33.00
C16:1棕榈油酸	9.82
C18:0硬脂酸	4.36
C18:1油酸	26.35
C18:2亚油酸	19.58
C18:3亚麻油酸	1.38
MUFA-单不饱和脂肪酸	36.17
PUFA-多不饱和脂肪酸	23.08
UFA-总不饱和脂肪酸	59.25
SFA-总饱和脂肪酸	40.66
U/S不饱和与饱和之比	1.5
n6/n3 (ω6与总ω3之比)	5.6

2013-9广东万禾农牧

广州市优百特饲料科技有限公司
GUANGZHOU UBT FEED SO & TECH CO., LTD.

*** 猪乳脂---含量最高的脂肪酸？**
33%棕榈酸C16: 0

为什么用棕榈酸酯：不能获得高质量？乳脂

乳脂来源的棕榈酸： C16:0位于甘油三酯的Sn-2位，
模板，乳化剂，婴儿奶粉中添加

植物油来源的棕榈酸： C16:0位于甘油三酯的Sn-1， 3位



- 幼小动物: $U/S=1.5$,
 $n6/n3=5$;
- 中短链脂肪?
- 繁殖阶段:
- $U/S=2.25-3.5$,
 $n6/n3=5$;
- $EPA+DHA=?$

如何实现?

4、如何优化。。。。

优化的依据：

- 幼小动物阶段为例：
- 玉米-豆粕日粮，锁定了脂肪酸比例，
- 必须通过外加优化脂肪，日粮U/S=1.5-2.5%：
外加脂肪的U/S=0.7~0.9；n6:n3=3 ~ 4
与玉米豆粕中脂肪酸：实现U/S=1.5~2.25；
n6:n3=5 ~ 8

5、脂肪酸优化后。。。

只需要**50-60%**的油脂，

- 可以解决必须脂肪酸的问题；
- 可以解决能量的需求

节省一半的油脂

****反过来说明，油脂并没有完全被利用。**

哺乳母猪日粮脂肪酸优化对乳脂成分的影响

外加脂肪酸结构比例：**U/S=1；n6:n3=2.5**

使得全价日粮：**U/S=2；n6:n3=8**

深圳新龙达猪场取产房母猪奶水	水分%	脂肪%	干物质%	乳脂率%(占干物质)
对照组milk-无油脂添加	81.42	5	18.58	27
优脂能组milk-3%优脂能	78.56	7.31	21.44	34

深圳新龙达猪场取产房母猪奶水	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
对照组milk-无油脂添加	4.12	39.58	9.01	7.52	24.45	11.01	0.46
优脂能组milk-3%优脂能	4.17	37.62	16.02	2.99	22.79	12.49	0.93

(黄金凤等, 2013-3, 深圳新龙达猪场)

哺乳日粮脂肪酸优化对采食量与断奶重的影响 等量替代豆油， **U/S降至2**， **n6:n3降至9**

ITEMS	对照组-3% 豆油	试验组-3%优脂 能
batch farrowing sows同期分娩母猪的头数	15	15
Total born总出生头数/sow	10.88	10.67
校正断奶重(校正至21天断奶，断奶数平均10头)	6.58	7.05
与对照组相比，断奶重差异 (g)		470
教槽料+母猪料的采食量 (kg/天,sow)	5.0	5.70
Average return of experiments (yuan/p)试验组的回报	30	元/头仔猪

(黄金凤等, 2013-9, 大广猪场)

哺乳日粮脂肪酸优化对采食量与断奶重的影响 梯度实验， U/S降至3， n6:n3降至12

ITEMS	对照组-2%优脂能	试验组-4%优脂能
同期分娩母猪的头数	30	30
Total born总出生头数/sow	10.21	10.28
校正断奶重(校正至21天断奶，断奶数平均10头)	6.5	7.1
与对照组相比，断奶重差异 (g)		600
教槽料+母猪料的采食量 (kg/天,sow)	4.58	4.14
哺乳母猪料的成本	3568	3680
Average return of experiments (yuan/p)试验组回报	29	元/头仔猪

(黄金凤等, 2013-10, 大广猪场)

保育日粮脂肪酸优化对日增重的影响

MCT or B60, U/S降至1.8, n6:n3降至8, 中链功能脂肪酸

	栏号	初始 头数	初始 均重	结束 头数	结束 均重	g/头.天	平均	FCR
						平均日增重	日采食量g/d	
CON-	1	18		18				
0.5% MCT	2	15		15				
	3	17	13.48	16	23.19	607	1200	1.98
EXP-	4	15		15				
3% B60	5	12		12				
	6	14	13.41	14	23.88	654	1241	1.89

(2013-8, 深圳新龙达猪场)

6、优化的意义。。。

幼小动物：提高油脂利用率

- 快速供能
- 缓解断奶应激
- 解决高油脂添加困难

特殊生理阶段：解决功能脂肪酸缺乏

- 功能脂肪酸
- 乳脂成分与质量
- 断奶窝重，断奶后配种率

真正实现：氨基酸与脂肪酸的平衡

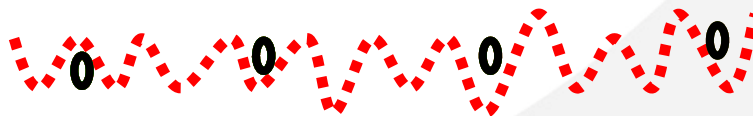


综上：



- 精确的脂肪酸结构与组成；决定着油脂的属性
- 原料油清晰的脂肪酸组成，配方脂肪酸的优化组合

实现对油脂的有效利用



油脂的能值和粗脂肪不再是金标准，
内在的脂肪酸结构，才是油脂属性的决定者。

******在确定使用任一饲用油脂之前，
气相色谱图检测：脂肪酸营养属性

结 语

Conclusion

- 饲用油脂营养性
- 精准脂肪酸的结构与完美比例
- 脂肪优化具有重要意义
- 油脂真正品控：气相色谱技术，油脂真相

谢谢聆听！

祝愿：
身体健康、一切顺利！！

