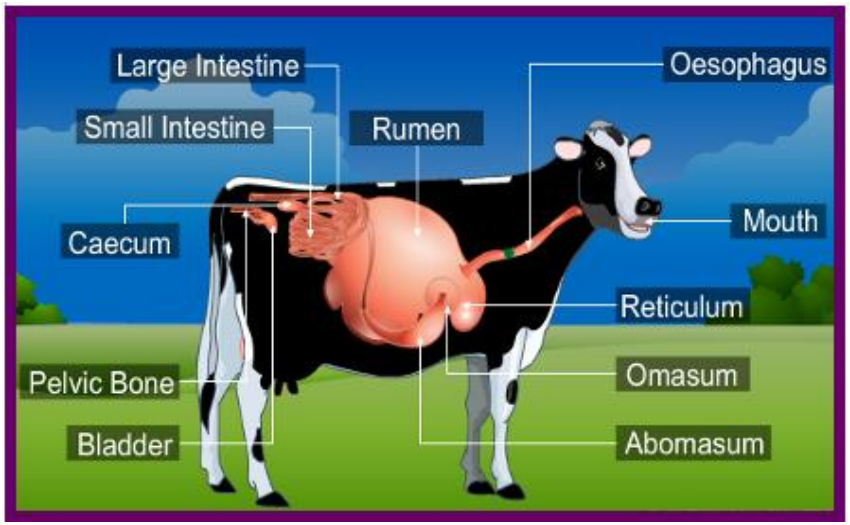
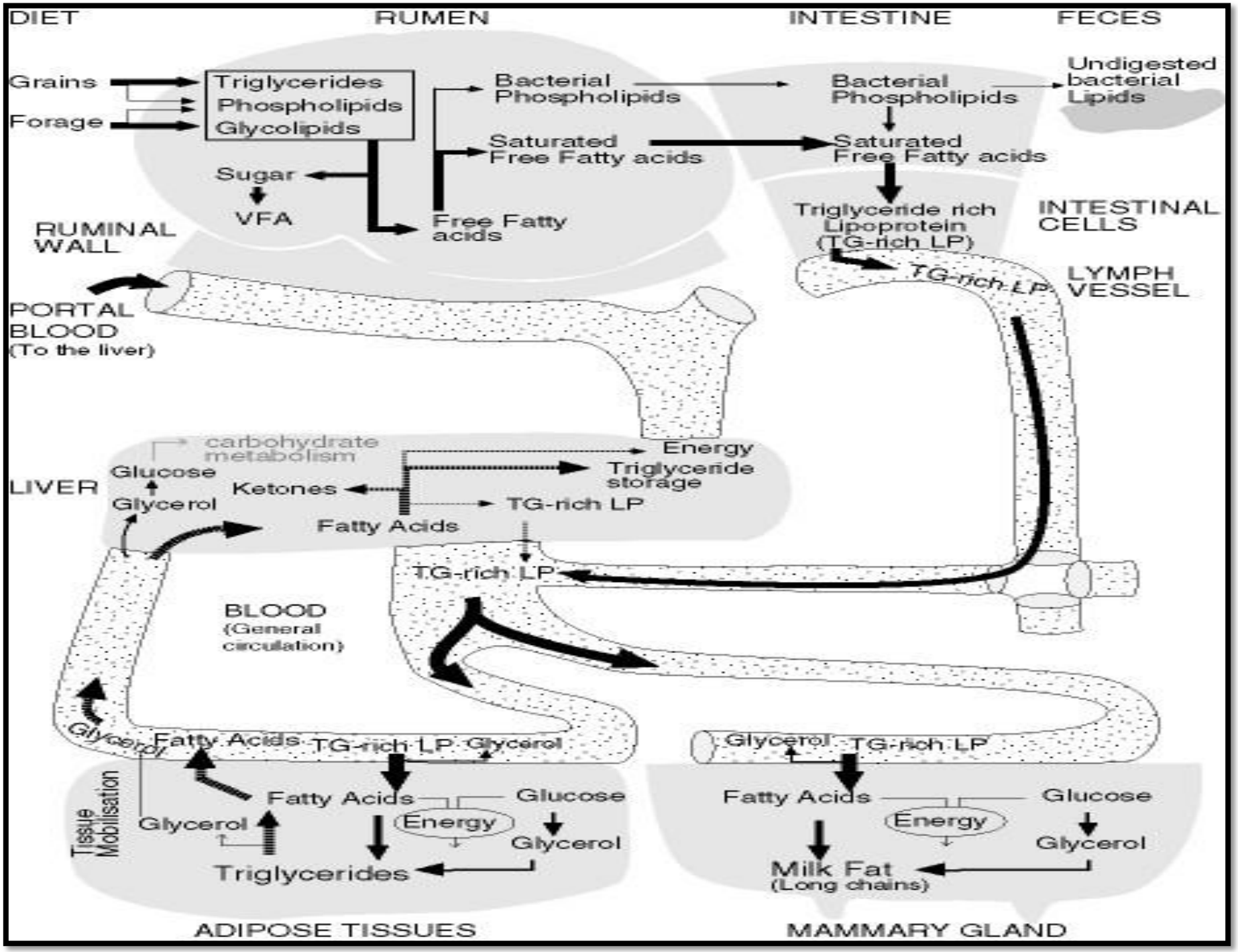
Lipid metabolism in dairy cattle



อาจารย์ อานนท์ ปะเสระกัง
anoncp@hotmail.com
Facebook: อานนท์ ปะเสระกัง
Tel. 081-5460757


DIET
RUMEN
INTESTINE
FECES
Grains
Forage
Triglycerides
Phospholipids
Glycolipids
Bacterial Phospholipids
Saturated Free Fatty acids
Sugar
VFA
Free Fatty acids
Bacterial Phospholipids
Undigested bacterial Lipids
Saturated Free Fatty acids
Triglyceride rich Lipoprotein (TG-rich LP)
INTESTINAL CELLS
RUMINAL WALL
LYMPH VESSEL
TG-rich LP
PORTAL BLOOD (To the liver)
carbohydrate metabolism
Energy
Glucose
Triglyceride storage
LIVER
Ketones
Glycerol
TG-rich LP
Fatty Acids
TG-rich LP
BLOOD (General circulation)
Glycerol
Fatty Acids
TG-rich LP
Glycerol
Glycerol
TG-rich LP
Tissue Mobilisation
Fatty Acids
Glucose
Energy
Glycerol
Glycerol
Triglycerides
Fatty Acids
Glucose
Energy
Glycerol
Milk Fat (Long chains)
ADIPOSE TISSUES
MAMMARY GLAND

Lipid metabolism in dairy cattle

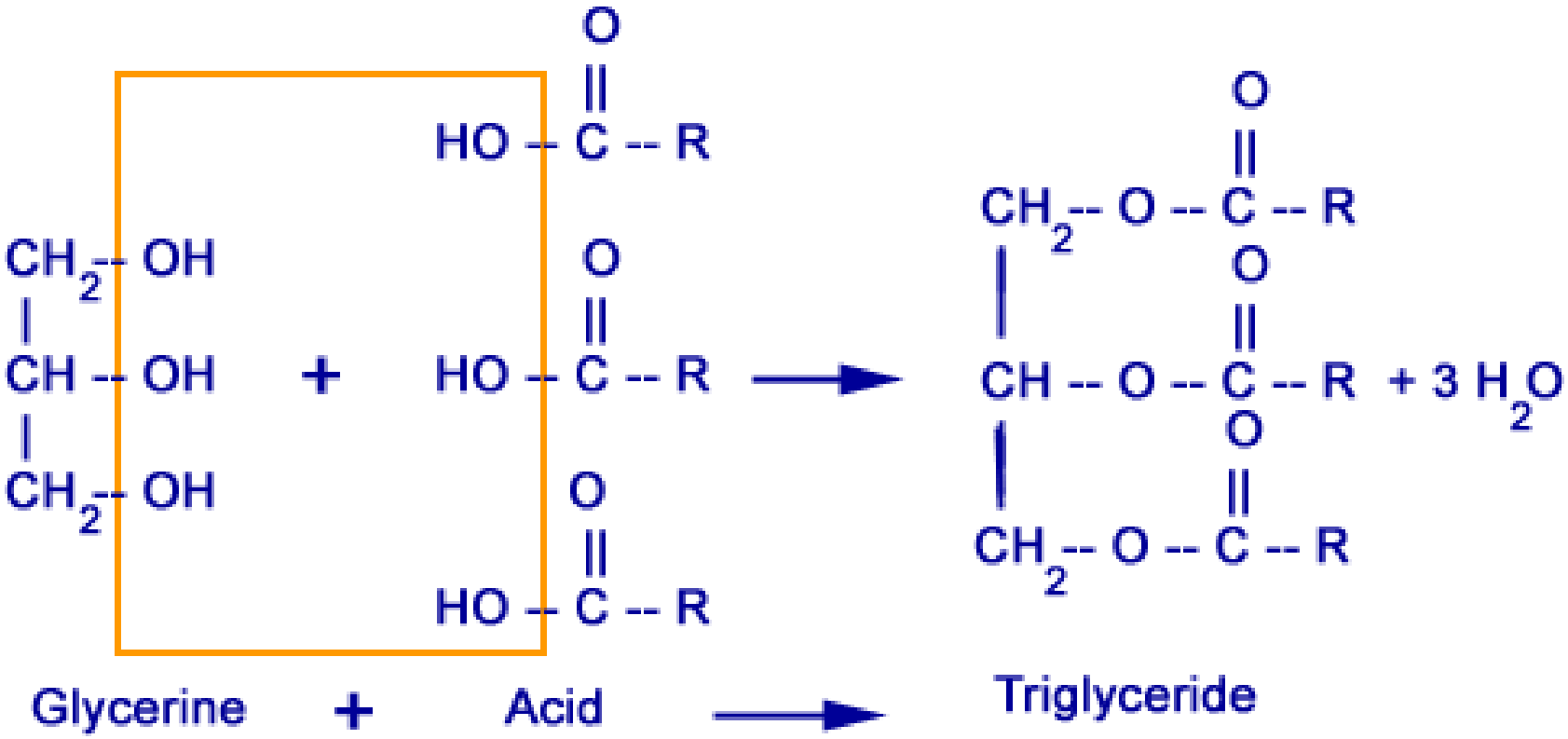
Lipid ?

เป็นกลุ่มสารชีวโมเลกุลที่มีบทบาทหน้าที่ทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น เป็นแหล่งของพลังงานสะสม เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น

ไทรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol)

เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล เป็นลิพิดอย่างงายที่พบในธรรมชาติ ทำหน้าที่เป็นพลังงานสำรองของร่างกาย ในสภาพอุณหภูมิปกติเรียก triacylglycerol ที่อยู่ในสภาวะของแข็งว่าไขมัน แต่ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน

Lipid metabolism in dairy cattle

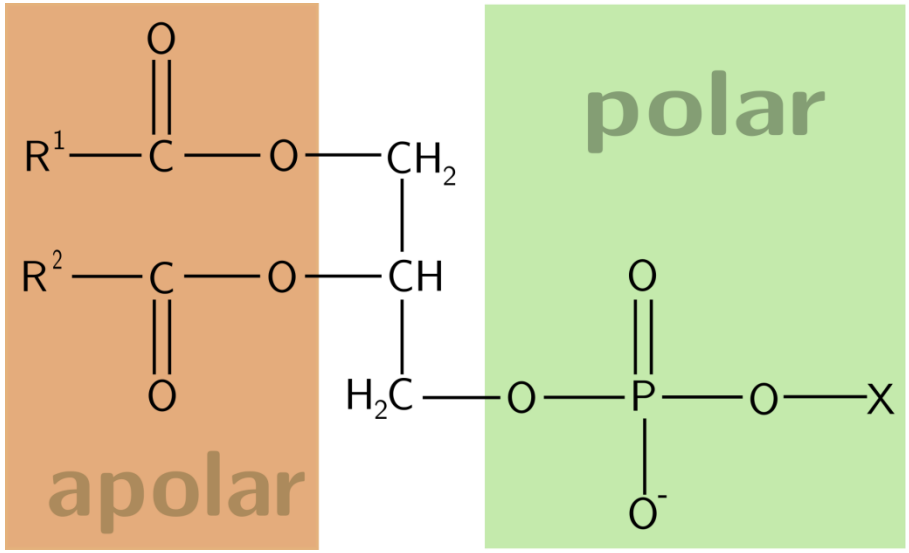


Triglyceride formation

Lipid metabolism in dairy cattle

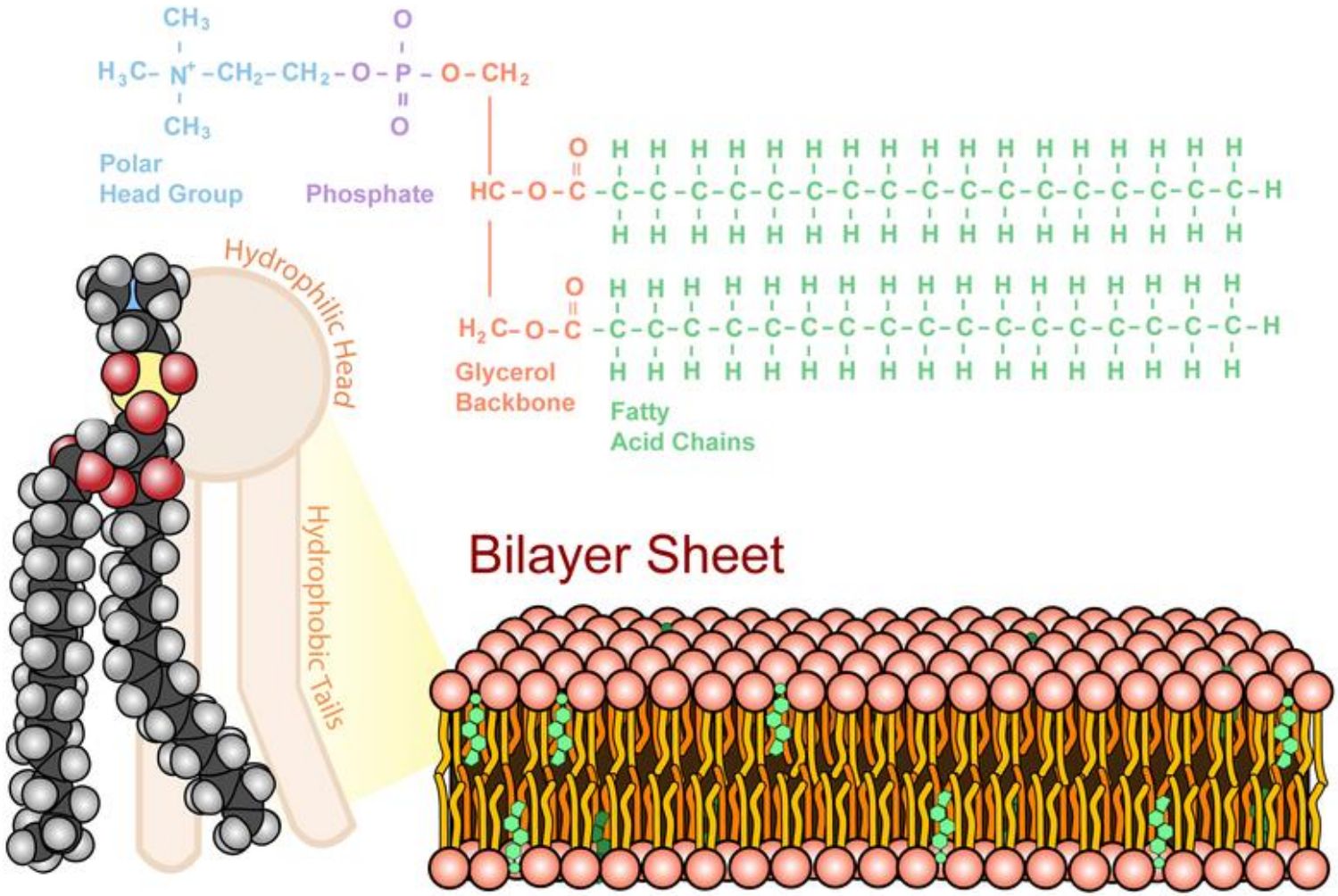
ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid)

ประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมเลกุล สร้างพันธะเอสเทอร์กับกรดไขมัน 2 โมเลกุล และหมู่ฟอสเฟต 1 โมเลกุล เป็นลิพิดเชิงประกอบ พบมากที่เยื่อหุ้มต่าง ๆ ของเซลล์และเป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์



Phospholipid structure

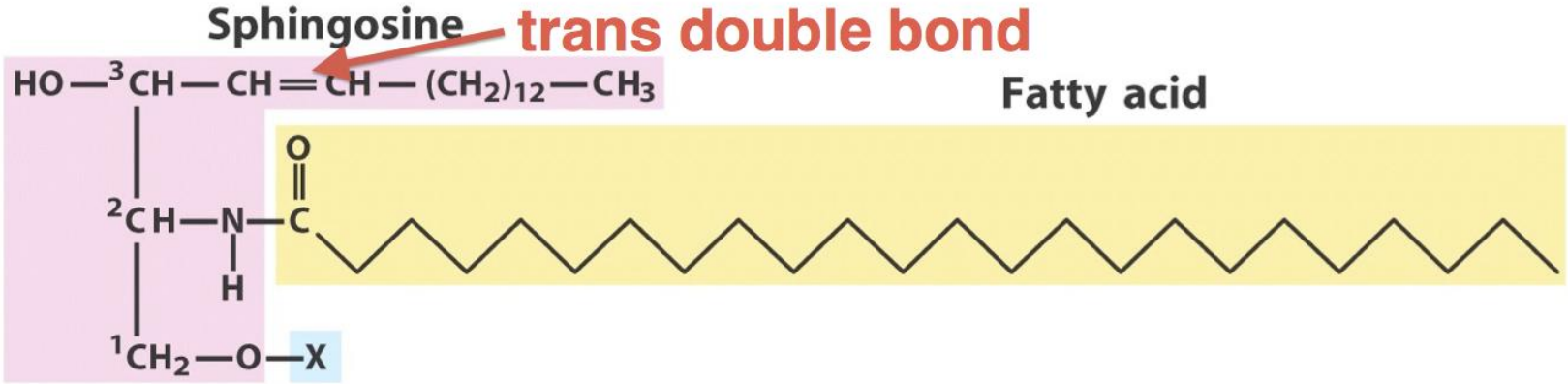
Lipid metabolism in dairy cattle



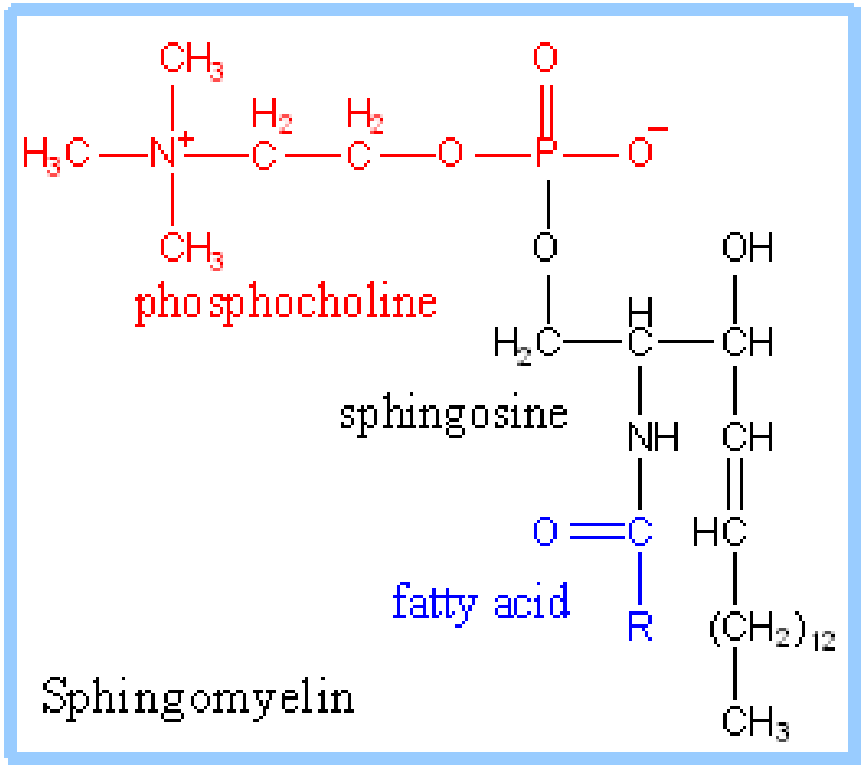
Lipid metabolism in dairy cattle

สฟิงโกลิพิด (Sphingolipid)

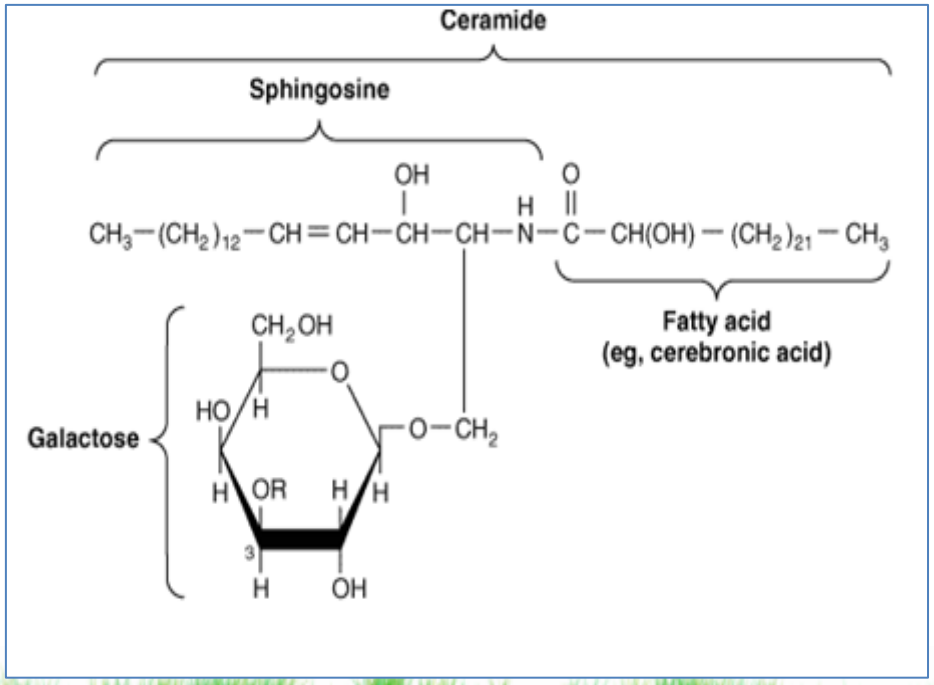
เป็นลิพิดที่มีสฟิงโกซีน (sphingosine) หรืออนุพันธ์ของ sphingosine เป็นองค์ประกอบ 1 โมเลกุล กรดไขมัน 1 โมลกุล และหมู่แสดงความเป็นโพลาร์ (polar head group) 1 หมู่ sphingolipid พบมากในเนื้อเยื่อประสาทและสมอง



Lipid metabolism in dairy cattle



Galactocerebrosides



Lipid metabolism in dairy cattle

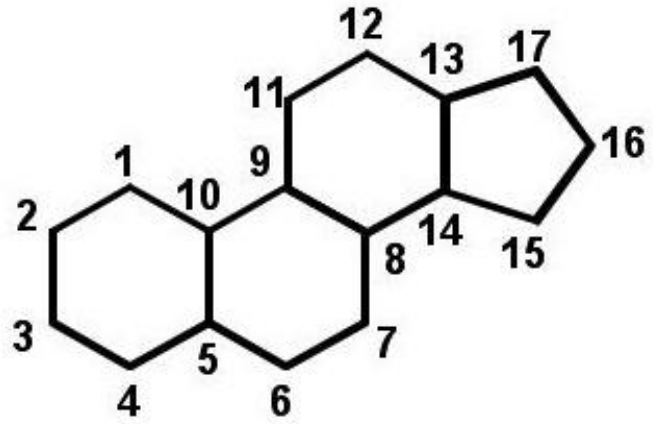
สเตอรอยด์ (steroids)

- อนุพันธ์ของวงแหวนเปอร์ไฮโดรไซโคลเพนตาโนฟีแนนทรีน (perhydrocyclopentanophenanthrene)

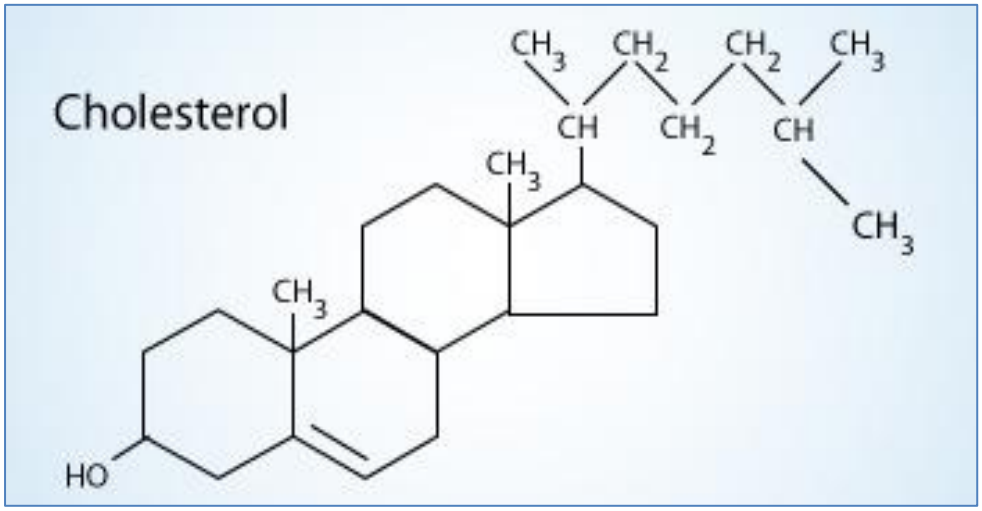
- สเตอรอยด์พบมากในเนื้อเยื่อสัตว์ ที่รู้จักมากที่สุดคือ คอเลสเทอรอล (cholestreol) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ bile acid ที่ช่วยในการย่อยและดูดซึมไขมัน

- นอกจากนี้ยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศชาย androgen ฮอร์โมนเพศหญิง estrogen และ progesterone

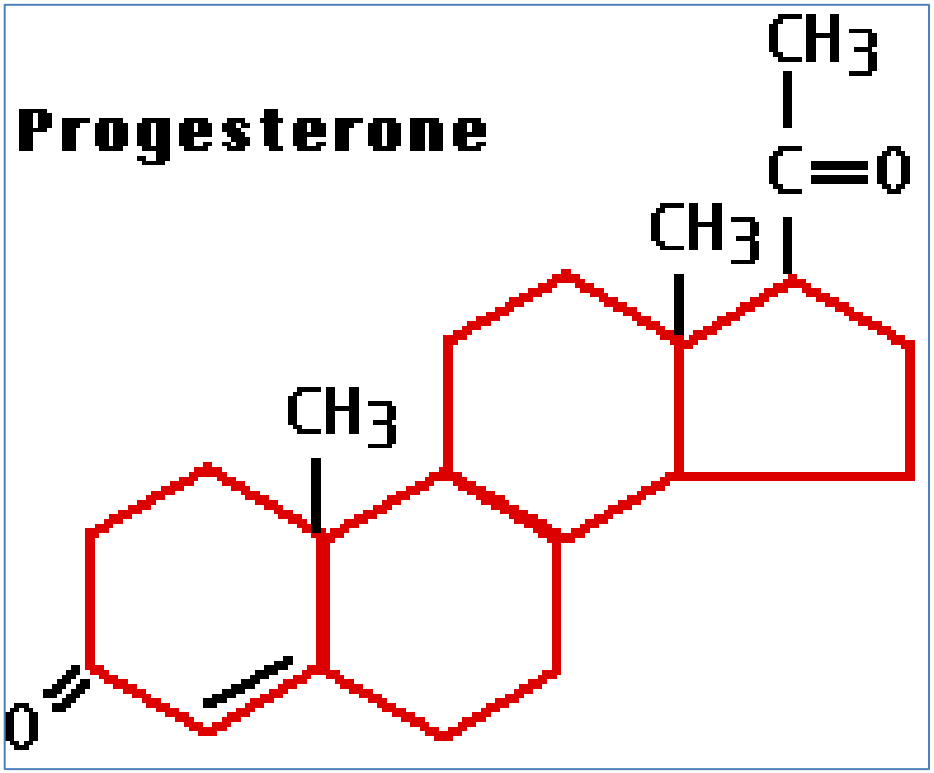
Lipid metabolism in dairy cattle

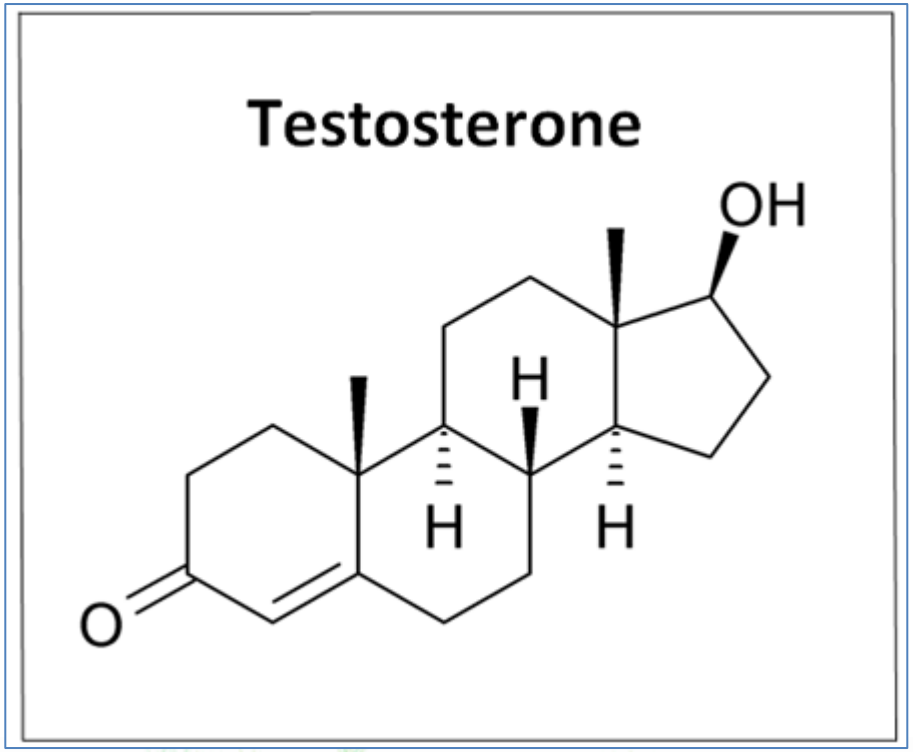


Perhydrocyclopentanophenanthrene



Lipid metabolism in dairy cattle

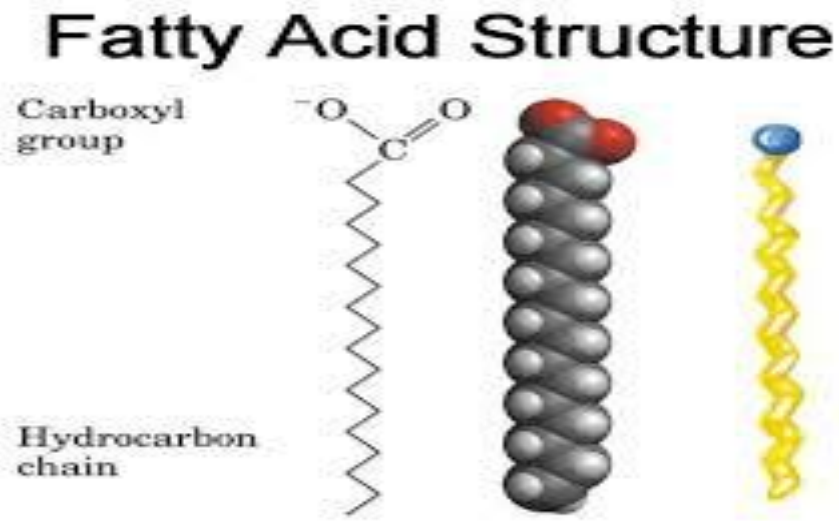




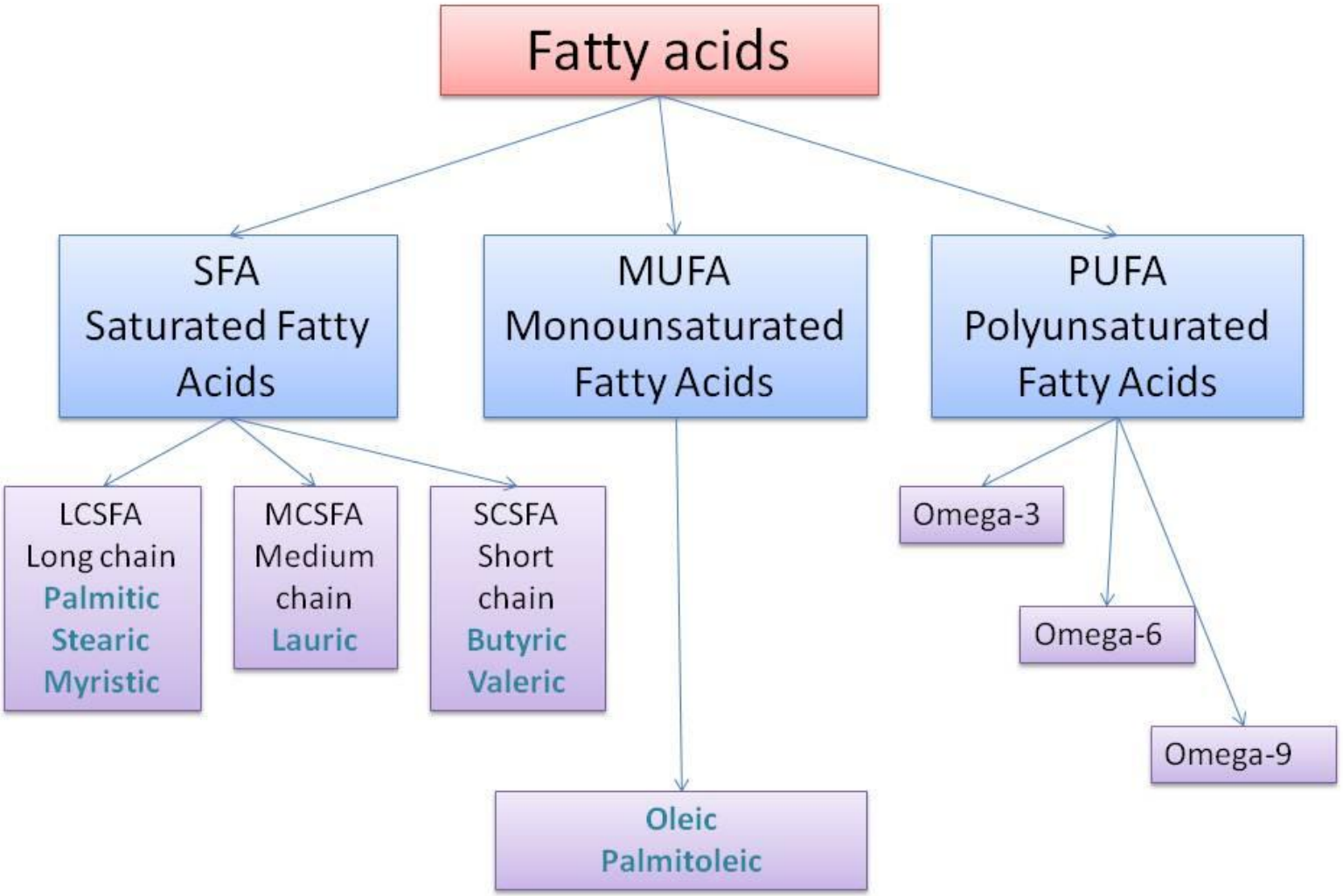
Lipid metabolism in dairy cattle

Fatty acid

คือ กรดแอลิแฟติกคาร์บอกซิลิก (aliphatic carboxylic acid) โครงสร้างโมเลกุลประกอบขึ้นจากสาร ไฮโรคาร์บอนที่เป็นแอลเคน และมีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน



Lipid metabolism in dairy cattle



Lipid metabolism in dairy cattle

FAT CONSTITUENTS AS % OF TOTAL FAT FOR SELECTED FOODS

FOOD	PALMITIC (C-16:0)	STEARIC (C-18:0)	OLEIC (C-18:1)	LINOLEIC (C-18:2)	ALPHA-LINOLINIC (C-18:3)
Perilla Oil	6	2	17	15	61
Flaxseed(Linseed) Oil	3	7	21	16	53
Menhaden Herring Oil(1)	19	4	13	1	1
Canola Oil	5	2	53	22	10
Walnut Oil	7	2	15	60	10
Soybean Oil	11	4	23	51	7
Butter (2)/Milkfat	25	11	26	2	2
Beef Fat	29	20	42	2	0
Palm Oil	45	5	38	10	0
Olive Oil	14	3	71	10	0
Corn Oil	11	2	25	55	0
Sunflower Seed Oil	6	4	24	65	0
Borage Oil (3)	11	4	16	39	0
Evening Primrose Oil(4)	6	1	11	72	1
Safflower Seed Oil	7	3	15	75	0

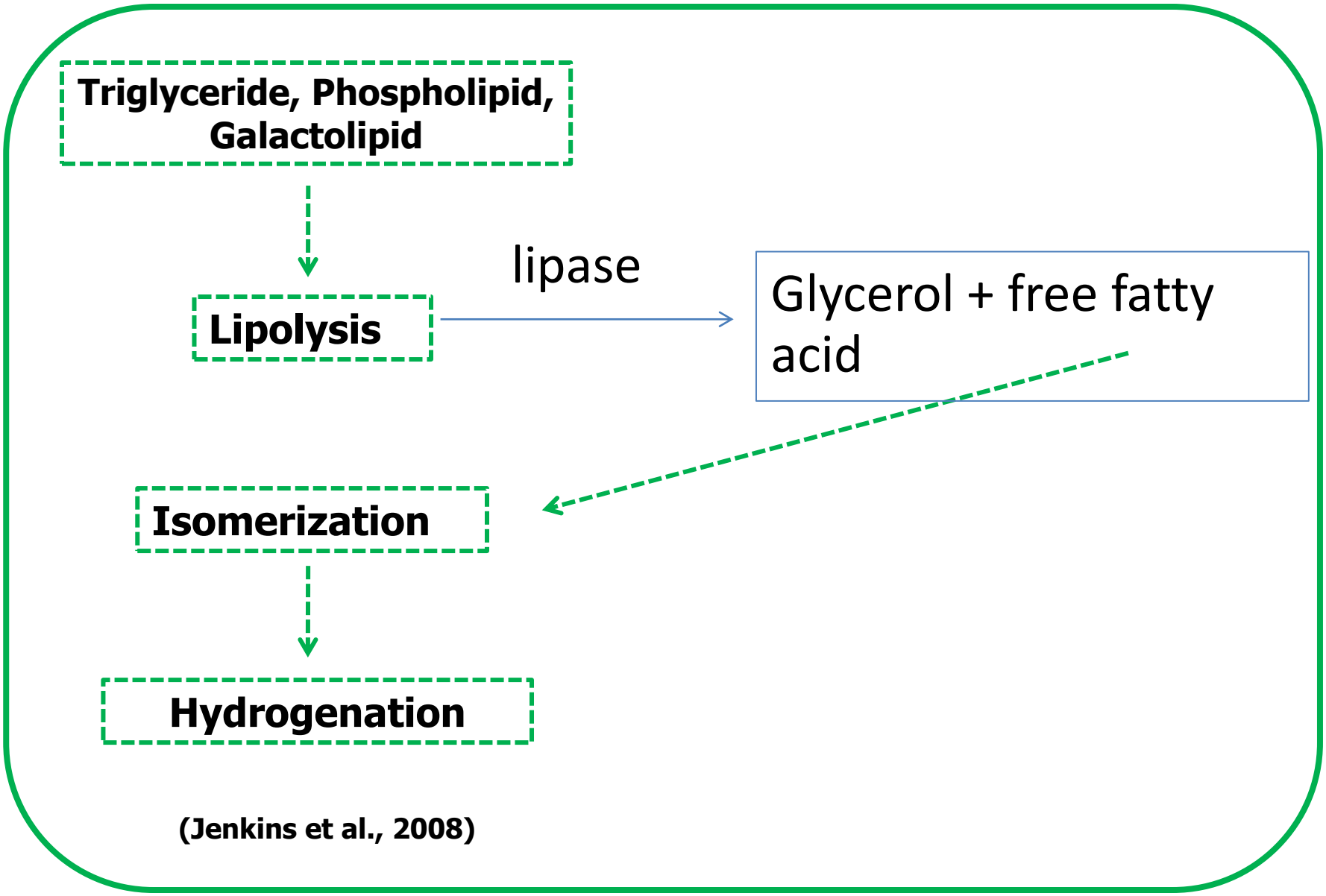
[NOTE: C-18:3 means a fatty acid with an 18-carbon chain and 3 double-bonds]

(1) Menhaden Herring Oil is 11% EPA and 9% DHA
(2) 30% of Butter is saturated fat of chain length less than 16 (butyric acid, C-4:0 has a "buttery" flavor)
(3) Borage Oil is 24% Gamma-Linolenic Acid (GLA)
(4) Evening Primrose Oil is 10% Gamma-Linolenic Acid (GLA)

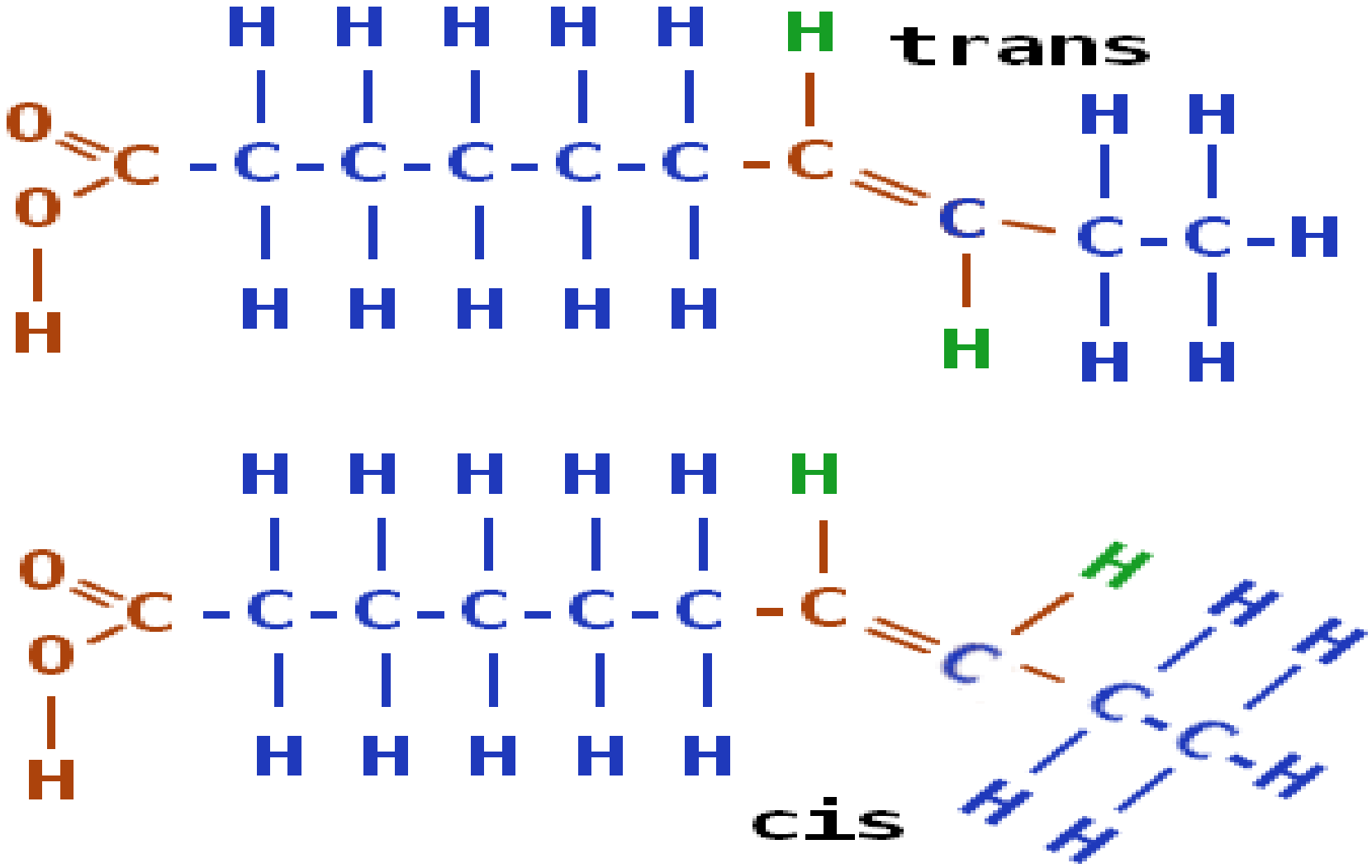
Lipid metabolism in dairy cattle

Fatty acid	Buffalo milk fat (%)	Cow milk fat (%)
Butyric	4.4	3.2
Caporic	1.5	2.1
Caprylic	0.8	1.2
Capric	1.3	2.6
Lauric	1.8	2.8
Myristic	10.8	11.9
Palmitic	33.1	30.6
Stearic	12.0	10.1
Oleic	27.2	27.4
Linoleic	1.5	1.5
Linolenic	0.5	0.6

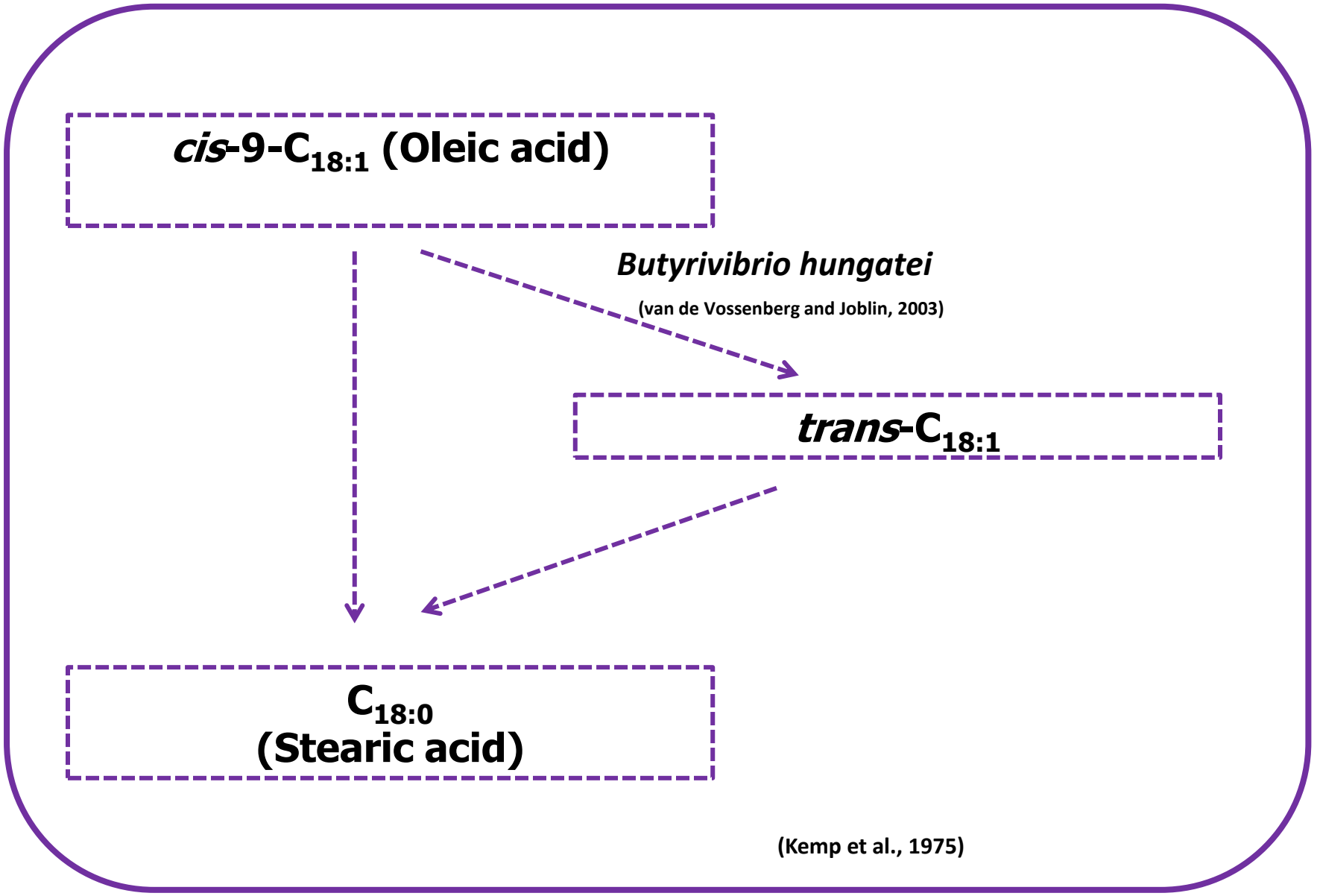
Rumen lipid metabolism



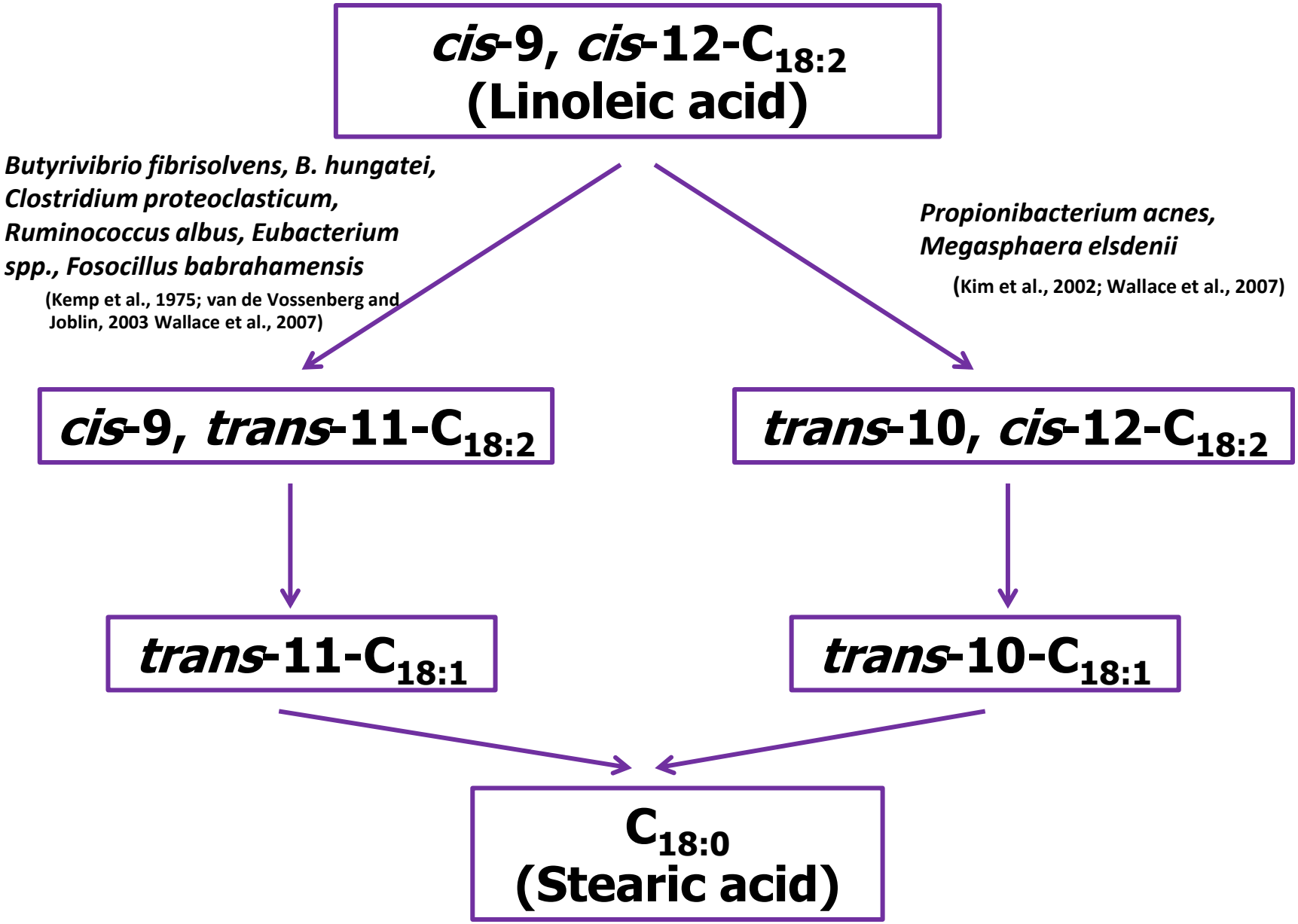
Rumen lipid metabolism



Rumen lipid metabolism



Rumen lipid metabolism



Rumen lipid metabolism

cis-9, *cis*-12, *cis*-15-$C_{18:3}$
(Linolenic acid)

↓

cis-9, *trans*-11, *cis*-15-$C_{18:3}$

↓

trans-11-*cis*-15-$C_{18:2}$

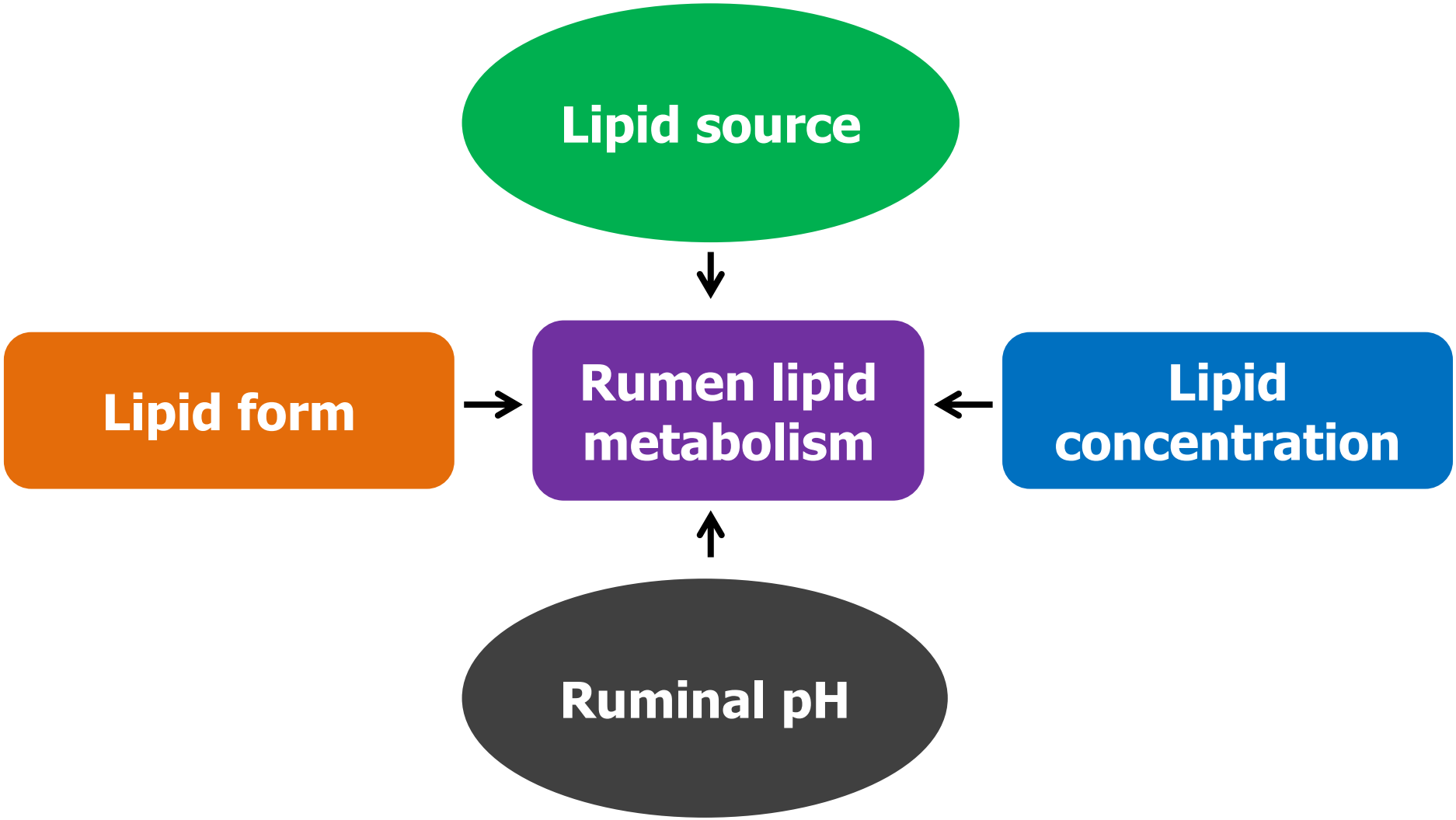
↙ ↘

cis-15 and *trans*-15-$C_{18:1}$ | *trans*-11-$C_{18:1}$

↘ ↙

$C_{18:0}$
(Stearic acid)

Factors affecting on rumen lipid metabolism



Factors affecting on rumen lipid metabolism

1. Lipid source

***In vitro* study**

Intermediate products	
cis-9, *trans*-11-CLA; *trans*-11-$C_{18:1}$	Linoleic acid > Linolenic acid (soybean oil) (linseed oil)
trans-11, *cis*-15-$C_{18:2}$	Linolenic acid > Linoleic acid

(AbuGhazaleh and Buckles, 2007; AbuGhazaleh and Jacobson, 2007)

Lipolysis of fat of feed ingredient

Feed	Lipolysis, %
Corn silage	99
Pasture hay	64
Corn	83
Corn (ground)	98
Soy hulls	77
Cottonseed (whole)	99
Soybean meal	99
Soybean extruded	81
Fish meal	77
Sunflower oil	88
Tallow	92 - 99
Megalac (Ca - PFAD)	47

Factors affecting on rumen lipid metabolism

2. Lipid concentration

Increasing concentration of linoleic acid in ruminal culture

- ***reduce lipolysis rate and biohydrogenation rate***
- ***reduce concentration of $C_{18:0}$***
- ***increase concentration of CLA and trans – $C_{18:1}$***

(Bean et al., 2000; Troegeler – Meynadier et al., 2003; Polan et al., 1964)

Factors affecting on rumen lipid metabolism

- UFA and *trans*-11-$C_{18:1}$ inhibit activity of reductase enzymes that hydrogenate trans - 11-$C_{18:1}$ to $C_{18:0}$

(Troegeler – Meynadier et al., 2003; Moate et al., 2008)

- Growth of *Butyrivibri fibrisolvent* A38 was reduced when concentration of linoleic acid in the media excess 350 uM

(Kim et al., 2000)

Factors affecting on rumen lipid metabolism

3. Lipid form

In vitro study

Lipolysis (amount of free fatty acid)

- **Soybean oil (4h) -> extruded soybeans (6h) -> raw and roasted soybean (12h)**

Biohydrogenation

- **Soybean oil (77.8%) = raw soybean (77%) -> extruded soybean (67.2%) > roasted soybean (55.5%)**

(Raddy et al., 1994)

Factors affecting on rumen lipid metabolism

4. Ruminal pH

Van Nevel and Demeyer (1996): Soy oil 40 mg/culture and vary in ruminal pH as 6.8, 5.9, 5.6, and 5.2

Lipolysis inhibition; 13.9, 19.6, 52.3, and 67.6%

Troegeler – Meynadier et al. (2003): Ruminal pH as 6.4 and 5.4

Reduced biohydrogenation of linoleic acid from 20.9% to 5.5%

Table 1. Effects of pH (6.2 vs 5.4) and polyunsaturated C18 fatty acid source on mg fatty acid isomers per culture

FA	Time(h)	Treatment				SE	P - value		
		LOH	LNH	LOL	LNL		FA	pH	FA x pH
$C_{18:1}$ t10	0	nd	nd	2.57	2.67	0.02	0.05	0.01	0.05
	24	nd	nd	12.76	4.50	0.06	0.01	0.01	0.01
$C_{18:1}$ t11	0	1.62	0	1.66	nd	0.03	0.43	0.01	0.43
	24	20.9	9.32	nd	nd	0.48	0.01	0.01	0.01
c9t11	0	0.14	0.06	nd	nd	0.01	0.01	0.01	0.01
	24	0.74	0.13	nd	nd	0.02	0.01	0.01	0.01
t10c12	0	nd	0.01	nd	nd	0.01	0.36	0.35	0.35
	24	0.15	nd	1.47	0.21	0.08	0.01	0.01	0.01

ผลของไขมันในอาหารต่อกระบวนการหมัก

การใช้ไขมันในระดับสูง

- การผลิตมีเทนลดลง
- ผลผลิต propionate เพิ่มขึ้น
- ไขมันเคลือบเยื่อใย การย่อยได้ของเยื่อใย การผลิต acetate และ VFA รวมลดลง
- สัดส่วน acetate/propionante ลดลง
- ไขมันเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ โดยมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้การทำงานลดลง
- ความเป็นพิษของไขมันต่อจุลินทรีย์ PUFA > MUFA > SFA

การย่อยและเมแทบอลิซึมที่ลำไส้เล็ก

- กรดไขมันสายสั้น C < 12 อะตอม จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน
- กรดไขมันสายยาว C > 12 อะตอม จะดูดซึมที่ลำไส้เล็ก (stearic acid และไขมันจากจุลินทรีย์
- Triglyceride บางส่วนที่ไม่ถูกย่อยจะถูกย่อยโดยน้ำดีและ pancreatic lipase
- fatty acid จะรวมกัน glycerol เป็น triacylglycerol ใหม่ และรวมกับคลอเลสเทอริลเอสเทอร์ ฟอสโฟลิพิด และโปรตีน เป็น chyromicron ดูดซึมผ่านระบบน้ำเหลืองก่อนเข้าสู่กระแสเลือดและส่งไปอวัยวะต่าง ๆ
- ที่เนื้อเยื่อมี lipoprotein lipase ย่อยได้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล

ไขมันในน้ำนม

- C4 – C14 และครึ่งหนึ่งของ C16 มาจากวิถี de novo synthesis
- precursor จาก acetate, β – hydroxylbutyrate
- C16 ครึ่งหนึ่งและ C > 16 มาจากการดูดซึมจากอาหารและการสลายจากร่างกาย

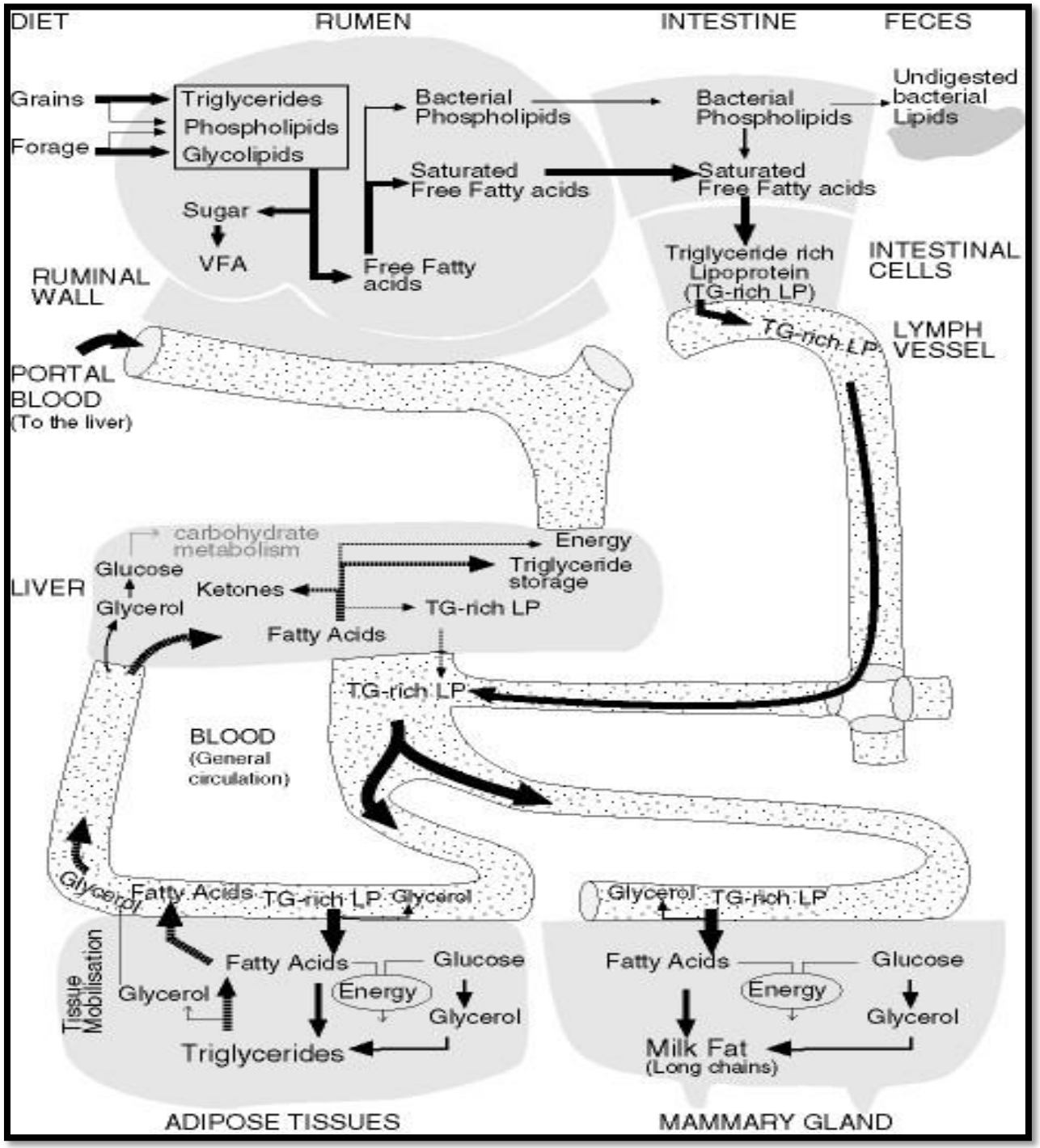

DIET
RUMEN
INTESTINE
FECES
Grains
Forage
Triglycerides
Phospholipids
Glycolipids
Bacterial Phospholipids
Bacterial Phospholipids
Undigested bacterial Lipids
Saturated Free Fatty acids
Saturated Free Fatty acids
Sugar
VFA
Free Fatty acids
Triglyceride rich Lipoprotein (TG-rich LP)
INTESTINAL CELLS
RUMINAL WALL
TG-rich LP
LYMPH VESSEL
PORTAL BLOOD (To the liver)
carbohydrate metabolism
Energy
Glucose
Triglyceride storage
LIVER
Ketones
Glycerol
TG-rich LP
Fatty Acids
TG-rich LP
BLOOD (General circulation)
Glycerol
Fatty Acids
TG-rich LP
Glycerol
Glycerol
TG-rich LP
Tissue Mobilisation
Fatty Acids
Glucose
Energy
Glycerol
Glycerol
Triglycerides
Fatty Acids
Glucose
Energy
Glycerol
Milk Fat (Long chains)
ADIPOSE TISSUES
MAMMARY GLAND

Table 2. Fatty acid composition of milk from cows fed feed sources rich in linoleic acid (soybean oil) and linolenic acid (flaxseed) alone or in combination

Fatty acid	Treatment				SEM	P
	Control	SO	FO	SFO		
	g/100g total fat					
$C_{10:0}$	4.70^{a}	3.83^{b}	4.00^{b}	3.77^{b}	0.22	*
$C_{12:0}$	4.78^{a}	3.66^{b}	3.75^{b}	3.69^{b}	0.24	**
$C_{14:0}$	15.13^{a}	12.55^{b}	12.82^{b}	12.24^{b}	0.54	**
$C_{16:0}$	34.85^{a}	30.19	27.23^{b}	29.93^{b}	0.97	**
$C_{18:0}$	13.20^{c}	14.84b^{c}	17.36^{a}	16.03^{ab}	0.90	**
$C_{18:1}$ t - 11, (VA)	1.48^{c}	6.19^{a}	3.04^{b}	4.53^{ab}	0.48	**
$C_{18:1}$ c - 9	21.68^{c}	20.16^{bc}	26.89^{a}	24.38^{ab}	0.71	**
$C_{18:2}$ c - 9	2.35^{b}	2.84^{a}	2.13^{b}	2.40^{ab}	0.15	*
$C_{18:3}$ c - 9,12,15	0.37^{b}	0.37^{b}	1.00^{a}	0.44^{b}	0.07	**
$C_{18:2}$ c - 9,t - 11 CLA	0.64^{c}	2.39^{a}	1.60^{b}	1.81^{b}	0.12	***
$C_{18:2}$ t - 10,C - 12 CLA	0.04	0.08	0.09	0.07	0.02	0.24
$C_{18:2}$c-9,t-11CLA (g/d)	6.12	20.52^{a}	13.44^{c}	16.30^{b}	2.03	***
$C_{20:3}$ c-8,11,14	0.11	0.12	0.10	0.11	0.02	0.77
$C_{20:5}$ (EPA)	0.10	0.12	0.12	0.08	0.02	0.73
$C_{22:4}$ c-5,8,11,14,17	0.08	0.09	0.1	0.12	0.02	0.64
$C_{22:6}$ (DHA)	0.10	0.11	0.12	0.09	0.02	0.90
Monounsaturated FA	24.24^{c}	27.45^{b}	31.37^{a}	28.73^{ab}	0.88	***
Polyunsaturated FA	3.75^{c}	6.18^{a}	5.08^{b}	5.20^{b}	0.26	***
Saturated	72.06^{a}	66.45^{b}	63.61^{b}	66.25^{b}	4.07	***
Unsaturated	27.94^{b}	33.55^{a}	36.39^{a}	33.75^{a}	1.02	***

Thank You