



**Лабораторія якості сирого молока**  
**Ukraine Laboratory of milk quality and safety**



# **Идентификация уровней соматических клеток и фальсификатов сырого молока как критерий его качества**

Kulynychi, Kharkiv District Kharkiv region Kharkiv +38 57 740 3819 [it\\_uaan@bk.ru](mailto:it_uaan@bk.ru) + [More details \(PDF\)](#)  
(<http://www.idfdairylaboratories.org/ListLabs.php?ID=3812&page=7>)

ІЗ ЦИКЛА ЛЕКЦІЙ

**«СТРАТЕГІЇ РАЗВИТТЯ НАУКИ О ПИТАННІ: МЕТОДОЛОГІЯ, СЦЕНАРІЙ, КОНТУРИ БУДУЩЕГО»**

**Шаповалов Сергей Олегович**

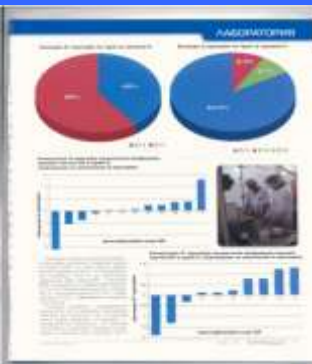
заместитель директора по научно-координационной работе, заведующий лабораторией качества кормов и продуктов животного происхождения Института животноводства НААНУ, доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии человека Харьковского национального педагогического университета

<http://animal.kharkov.ua> +380679749167 E mail: [Shapovalov73@ramler.ru](mailto:Shapovalov73@ramler.ru)



# План презентации

- О лаборатории....
- 1. Соматические клетки (СК) молока. Природа, номы, сравнение в разрезе мира и Европы, сортность молока, сезонные изменения, органолептика. Прогорание жира и снижение его липидной ценности в результате нейтрофильного взрыва, роль апоптоза (генетической запрограммированной гибели СК), процессы перекисного окисления липидов, антиоксидантные и прооксидантные процессы в молоке.
- 2. Некачественное сырое молоко – низкая биологическая и липидная ценность как питьевого молока так и молочных продуктов, идентификация различных фальсификатов. Установление точки замерзания. Ингибиторы молока.
- 3. Жирнокислотный состав молочного жира и растительных масел, применяемых в молочной промышленности. Фальсификация сырого молока подсолнечниковыми, соевыми и рапсовыми жидкими жирами. Доминирующая роль пальмитиновой кислоты в эволюции живой материи на планете (молоко и молозиво млекопитающих)
- 4. Пальмовый жир и пальмитиновая кислота как фактор максимально приближенный к жирнокислотному составу молока по пальмитиновой C16 кислоте. Целесообразность введение пальмового жира в продукт (сырные продукты) , а не сырое молоко - как наиболее природная и оптимальная композиция в свете представлений об идеальном липиде и современной парадигме питания.
- 5. Определение конюгатив линолевой кислоты C18 : 2 trans - 10 , cis -12 в молоке коров как показателя депрессии синтеза молочного жира и возможные пути регуляции процессов изомеризации (новая теория жиропоглощения и жиросинтетических процессов в молочной железе коров)



### Сотрудничество

Россия - ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии», Франция - Cesa Lait, Германия - MRA Sachsen-Anhalt, Англия - Senate QA, Италия - Associazione Italiana Allevatori Laboratorio Standart Latte, Канада - Valacta, Литва - Pieno tyrimai, Израиль - ICBA (Israel Cattle Breeders Association). KOOMET - ("Евро - Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений") - Азербайджана, Армении, Беларуси, Болгарии, Германии, Грузии, Казахстана, КНДР, Кубы, Кыргызстана, Литвы, Молдовы, России, Румынии, Словакии, Узбекистана и Украины.



*Самое современное оборудование на Украине Bentleyinstruments (США) и др.*

**Акредитована по требованиям НААН Украины (ДСТУ ISO/IEC 17025:2006) эквивалентной ISO/IEC 17025:2005**



**Регламентированные ПОКАЗАТЕЛИ СОСТАВА И КАЧЕСТВА МОЛОКА ДСТУ 3662 с изменениями**

<b>Показатели молока</b>	<b>Норма для сортов</b>		
	<b>екстра</b>	<b>высший</b>	<b>первый</b>
<b>КМАФАМ, тис. КУО/см<sup>3</sup></b>	<b>≤ 100</b>	<b>≤ 300</b>	<b>≤ 500</b>
<b>Количество соматических клеток, не больше, тыс. см<sup>3</sup></b>	<b>≤ 400</b>	<b>≤ 400</b>	<b>≤ 500</b>

<b>Количество соматических клеток, тыс./см<sup>3</sup></b>	<b>Бактериальная загрязненность, тыс. кл./см<sup>3</sup></b>	<b>США</b>	<b>ЕС</b>	<b>Россия</b>	<b>Украина</b>
< 100	< 5	A (0,28)			
	< 30		замечательное (0,36)		
	< 50	B (0,25)			
100-200	30-50		хорошее (0,33)		
< 200	< 10	C (0,22)			
200-300	50-30	некачественное	среднее (0,3)		
< 300	< 100			Высший сорт	
301-500	101-500			I сорт	
< 400	< 300				Екстра и высший сорт
350-400	300-500		удовлетворительное (0,28)		
> 500	> 500		некачественное		
501-1000	501-4000			II сорт	
< 600	< 500				I сорт

Страна	Нормы	
	Бактериальное осеменение, тыс/см <sup>3</sup>	Соматические клетки тыс/см <sup>3</sup>
Норвегия, Англия	20	150
Дания	30	200
США	10	225
Германия	300	300
Большинство Европейских стран	50–100	400

Соматические клетки тыс/см <sup>3</sup>	Инфицированные маститом четверти (% от всего стада)	Снижение производства молока (%) - в сравнении со средним количеством - 200.000/мл
≤ 200	6	0
500	16	6
1000	32	18
1500	48	29

### Зависимость недополученного удоя и прибыли от количества соматических клеток в молоке

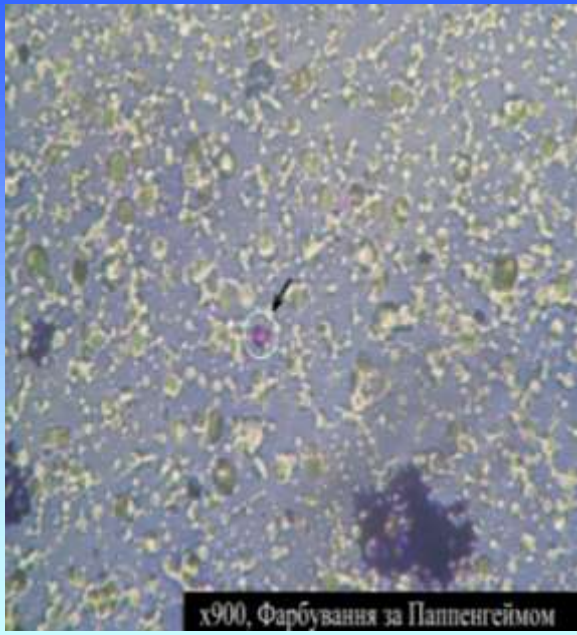
Соматические клетки (x100)	Недополученный удой (кг/305 дней)	Недополученная прибыль на корову (\$/305 дней)
25	0	0
50	0	0
100	230	56,58
200	460	112,55
400	700	168,51
800	925	225,09
1600	1145	281,67
3200	1370	337,65

(EBERHART 1982 JONES 1986 CHRIST HARMON 1994).

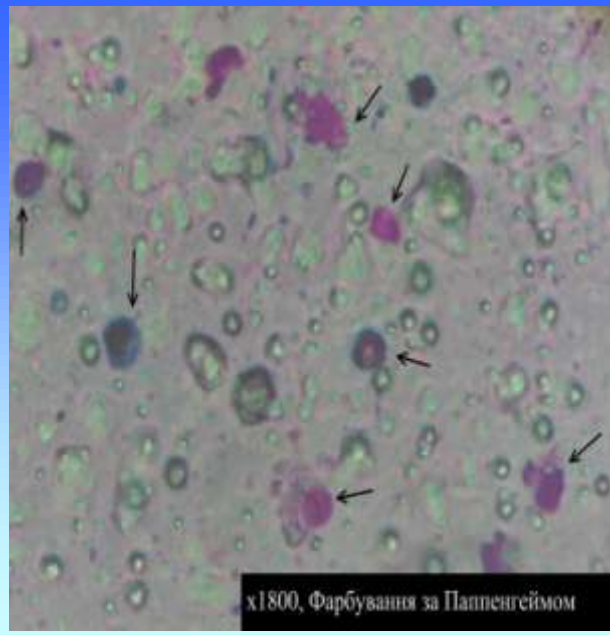
## Допустимый химический состав молока в разных странах мира

Страна	Допустимый уровень содержания тыс./мл		средняя массовая доля, %	
	микроорганизмов	соматических клеток	белка	жира
Австралия	30	140-170	3,2-3,3	3,7-4,2
Австрия	25	80	3,3-3,5	4,15-4,35
Аргентина	100	400	3,1-3,37	3,5-3,6
Дания	30	300	3,26-3,38	3,88-4,35
Индия	-	-	3,5	4,4-6,3
Новая Зеландия	-	190	3,63	4,85
Нидерланды	5	150	3,3-3,4	3,9-4,1
Польша	100-400	400-500	3,2-3,4	3,9-4,1
США	10	225	3,1	3,5
Финляндия	5-8	150-180	3,3-3,4	4,2
Швеция	-	180	3,0-3,3	4,1
Россия	500-1000	300-500	2,8-2,9	3,4-3,6

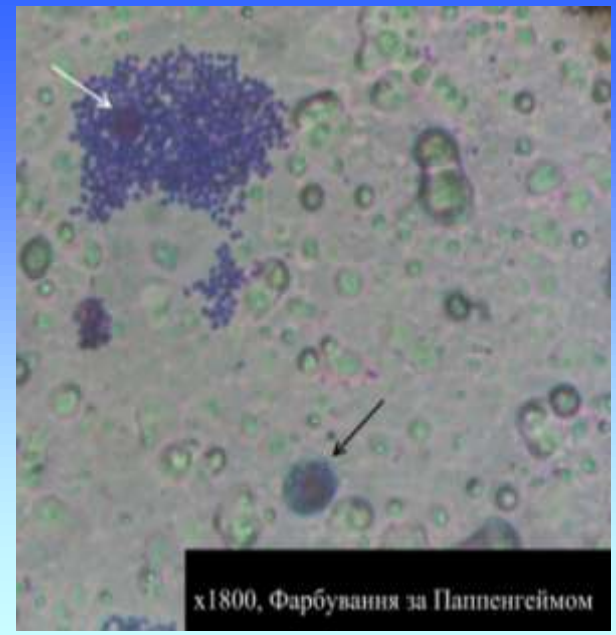
Брусилоиский Л. П., Шидловская В. П. Ионметрический метод контроля нормального молока//Молочная промышленность. - 1996.-№6.-С.24-26



х900, Фарбування за Паппенгеймом

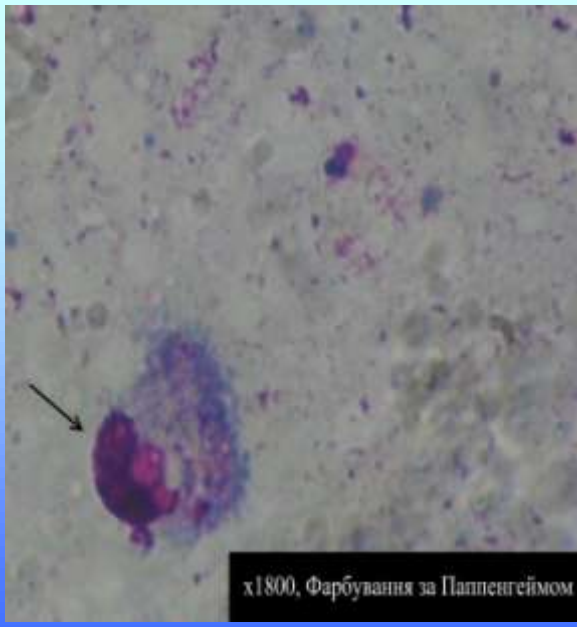


х1800, Фарбування за Паппенгеймом

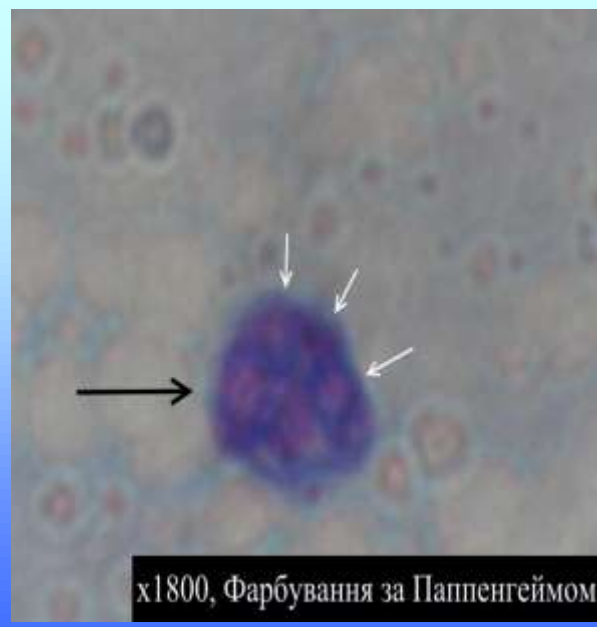


х1800, Фарбування за Паппенгеймом

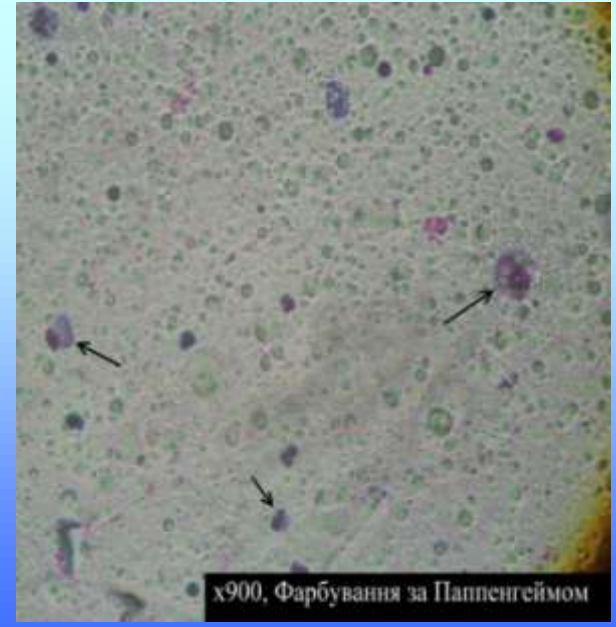
**Вот это они соматические клетки = 96% белые клетки крови (лейкоциты)**



х1800, Фарбування за Паппенгеймом

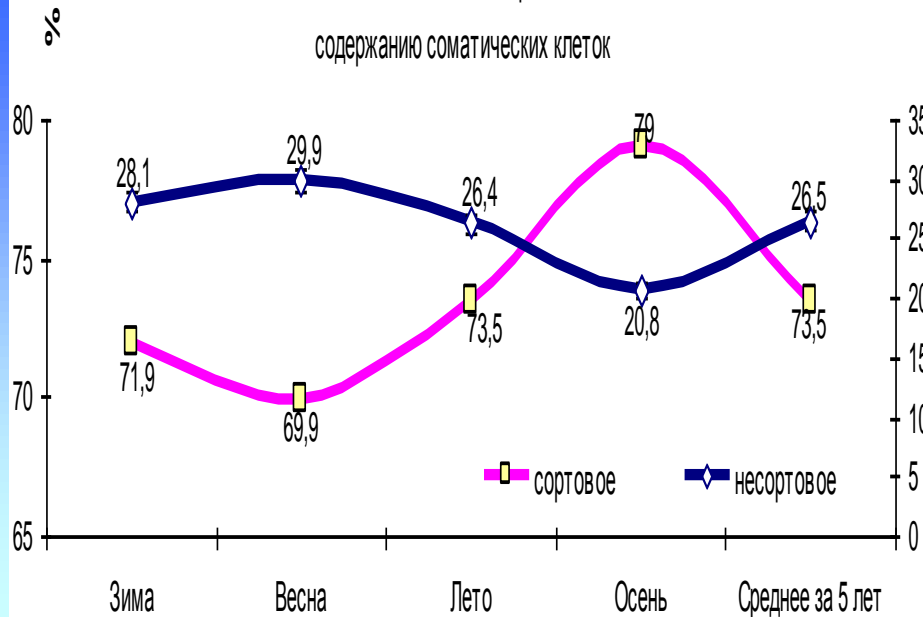


х1800, Фарбування за Паппенгеймом



х900, Фарбування за Паппенгеймом

Массовая доля сотового и несотового молока по содержанию соматических клеток



Сезонная зависимость содержания СК в молоке коров в разные сезоны года

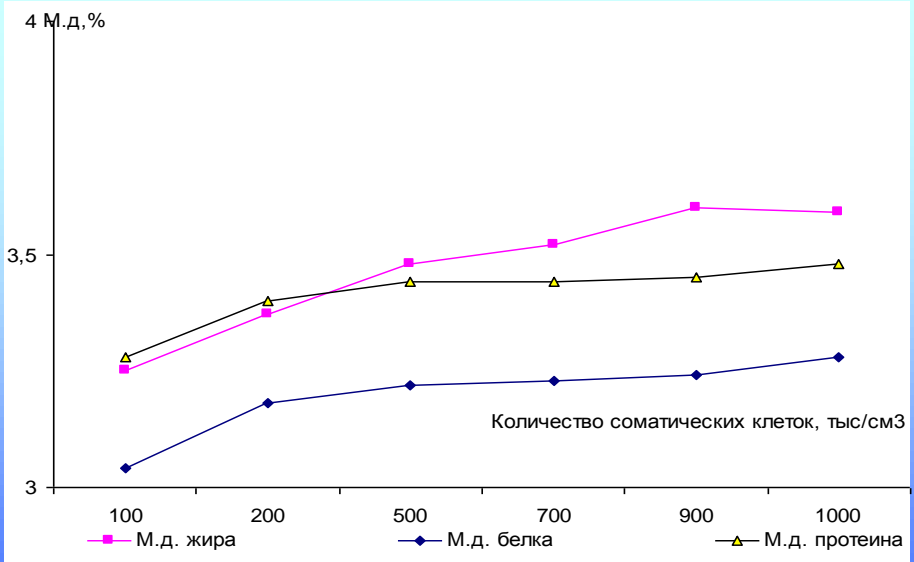
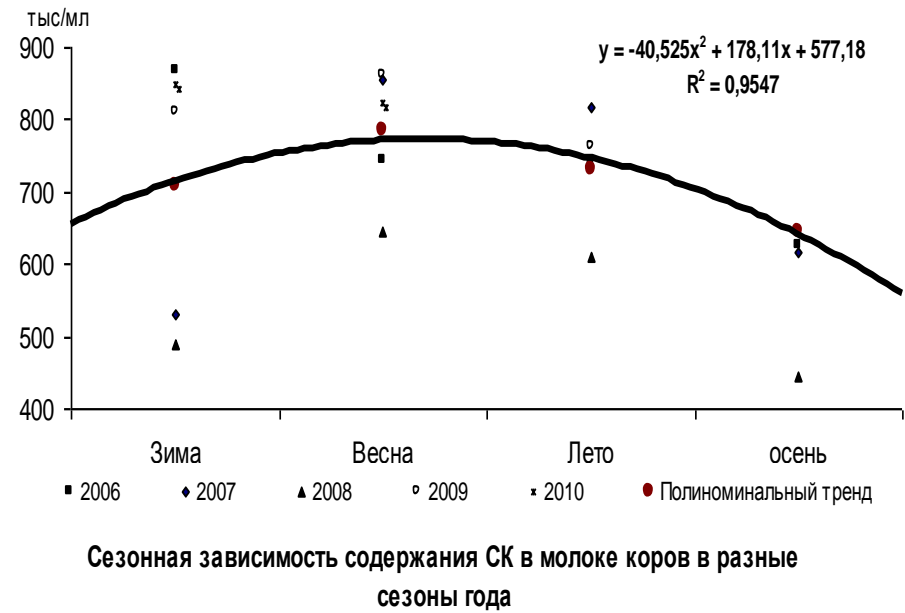


Рис. 3 Зависимость массовой доли жира, протеина и белка от уровня соматических клеток в молоке коров

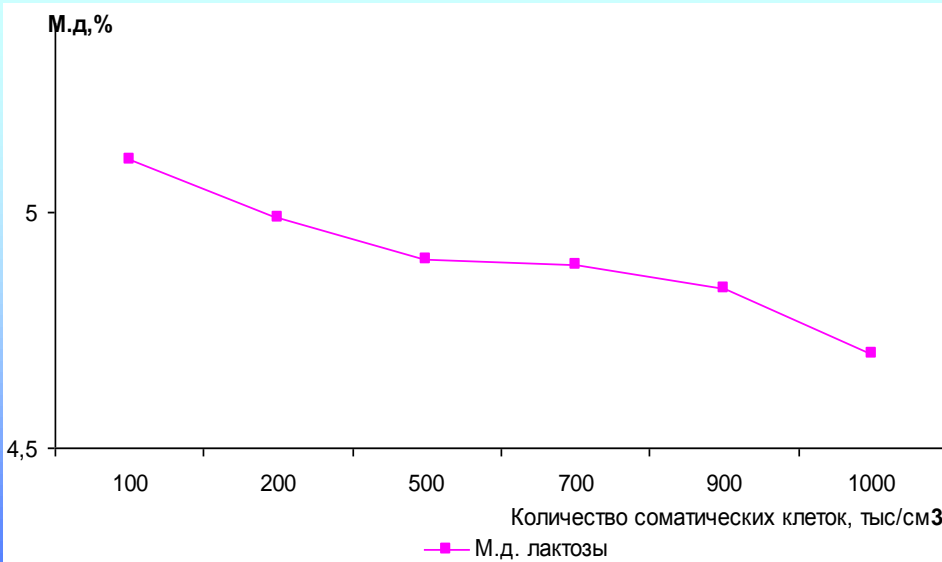
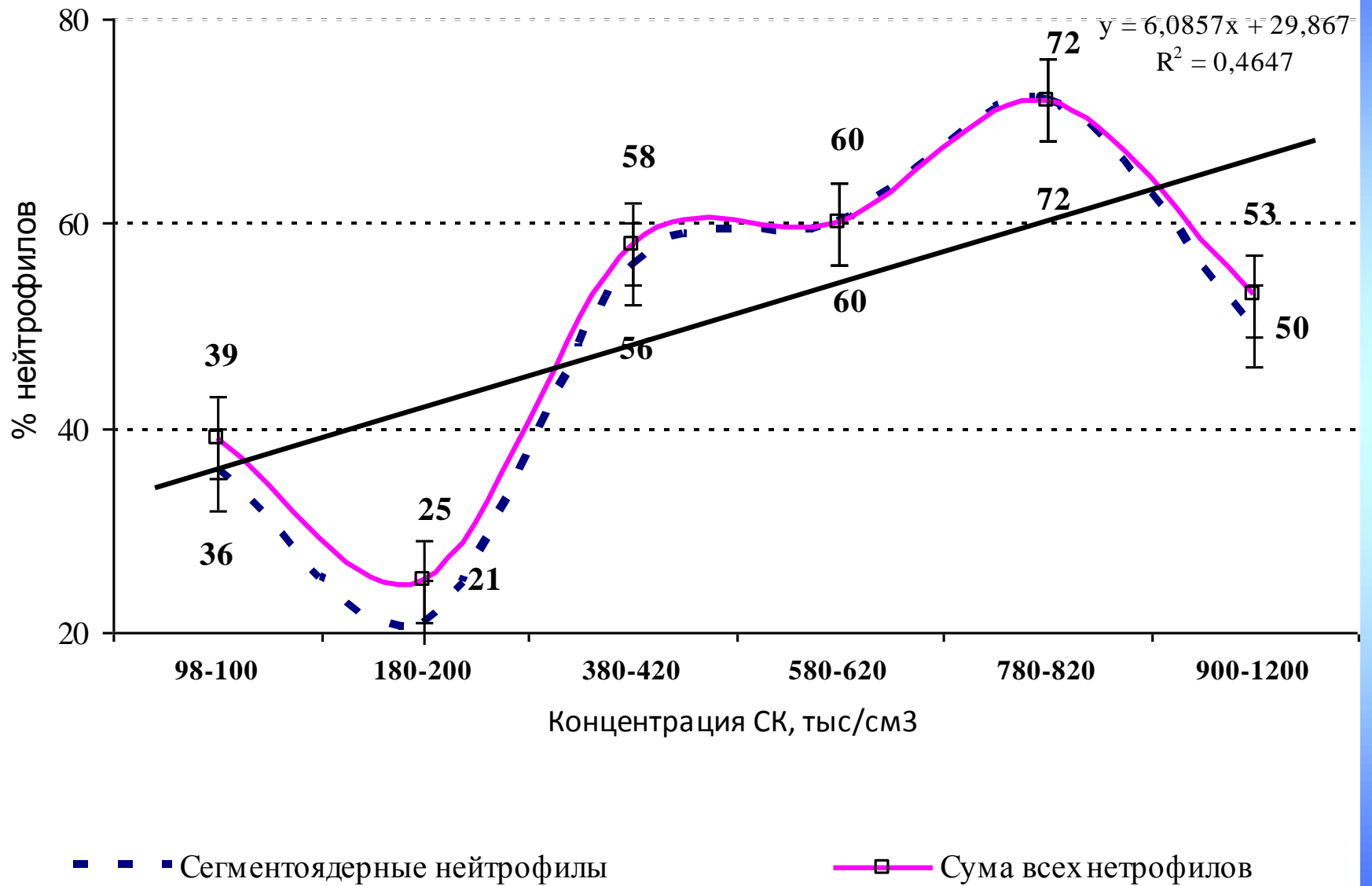


Рис. 4 Зависимость массовой доли лактозы от уровня соматических клеток в молоке коров



# Содержание полиморфноядерных нейтрофилов в зависимости от уровня СК



# Чем же мешают СК переработчикам молока

(потери количества и качества продукции)

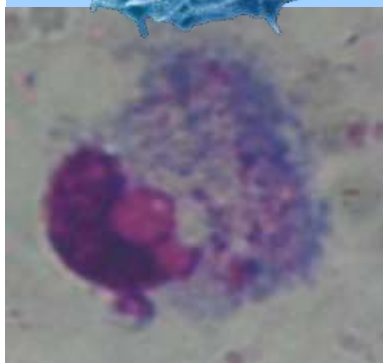
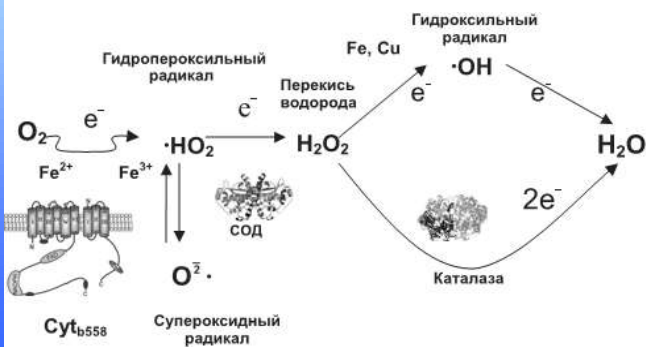
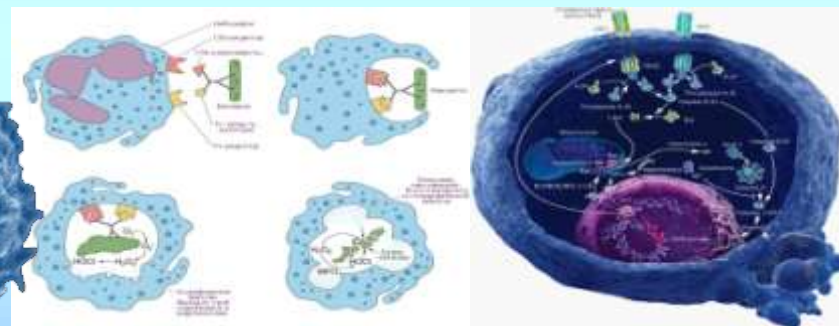
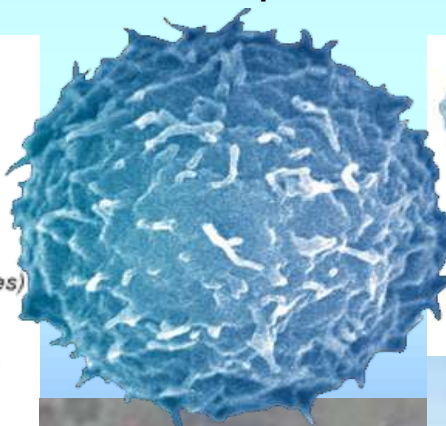
Сенсорные свойства сыров – главное для успешного маркетинга, увеличение доли СК способствует увеличению сенсорных эффектов сыра (цвет, вкус, запах) увеличивает дефект текстуры, сопровождается изменением микробиального статуса молока, что отрицательно влияет на созревание сыра.

Изменение химического состава молока при увеличении доли СК

- Липолиз жиров, - снижает выход жира и органолептику (прогортание и «картонный» вкус);
- Снижает уровень казеиновой фракции, увеличивает долю протеина сыворотки (повышенные потери белка при переработке молока на сыр)
- Повышение ионов Натрия и Хлора (солёный вкус)
- Образование «воздушных мешков» при пастеризации, термизации, стерилизации – низкая инактивация микроорганизмов;
- При апоптозе СК – выброс в молоко свободных радикалов и продуктов ПОЛ, и токсических веществ

## Oxydation

- Oxygène de l'air « rancissement »
- Biologique : enzymatiques  
Ex: cyclooxygénase, lipoxygénase ....(voir : eicosanoïdes)
- Auto-oxydation : réactions radicalaires



**Молоко с повышенным количеством соматических клеток имеет высокую бактериальную обсемененность и, как правило, содержит стафилококки, обладающие повышенной биологической активностью (в термически обработанном молоке остаются токсины микроорганизмов которые не разрушаются при нагревании: тейхоевая кислота, валерьяновая кислота, хлороформ и его производные и другие)**

**Соматические клетки (СК) могут привести к повышению концентрации свободных жирных кислот, как в свежем, так и в хранящемся маститном молоке, в результате чего появляется горький привкус. Маститное молоко характеризуется более высокой протеолитической активностью по сравнению с молоком здоровых животных из-за частично повышенного количества плазмид белков. Гидролиз вызывает изменение казеинового комплекса, снижая относительную пропорцию бета-казеина и общего казеина. Биохимия молока четко определяет отрицательное влияние липолиза и протеолиза на качество молочных продуктов.**

**Учеными установлена взаимосвязь между количеством соматических клеток и составом молока, влияющим на состав и выход сыра. Например, из молока с количеством соматических клеток 600000 в 1 мл получается сыр, в котором меньше жира на 0,5 %, белков - на 0,4, сухих веществ - на 0,9 % и влаги больше на 0,9 % по сравнению с сыром, выработанным из молока, в котором количество СК составляло 100 000 в 1 мл.**

**Использовать молоко с СК более 500 000 в 1 мл для производства сыра нежелательно, поскольку снижается его способность к свертыванию.**

**В результате получается продукт с более высоким содержанием влаги из-за плохого отделения сыворотки. Кроме того, сыр хуже режется и с сывороткой уходит большее количество мелких частиц, то есть уменьшается его выход.**

# Идентификация основных фальсификатов сырого молока и вредные контаминанты

<b>Натуральность сырого молока</b>	м.д. СВ, жира, белка, лактозы, состав моно- и дисахаридов, сывороточных белков плотность, точки замерзания Наличие масляной (бутановой) кислоты $C_3H_7COOH$ кислоты, минорных компонентов, а также $C_{15:0:1}$ , $C_{16:1}$ , $C_{17:0:1}$
<b>Фальсификаты:</b>	
<b>Вода</b>	Метод контроля – определения сухого вещества, плотности, точки замерзания
<b>Нейтрализующие в-ва</b>	Выявление аммиака, $H_2O_2$ , соды
<b>Консерванты</b>	Методы определения консервантов
<b>&gt; N (использование меламина)</b>	+ или – меламина МУК 4.1.2420-08/
<b>Растительные (жидкие) масла: подсолнечное, соевое, рапсовое</b>	<b>ЖК</b> состав липидов (ГОСТ 51483-99), а также по присутствию В-ситостеринов, кампестерина в количестве > 2% от $\Sigma$ стерринов свидетельствует об + растительные мала к молоку (ГОСТ Р 51471-99; руководство по методам контроля качества и безопасности + БАД к пище М. 2004), точка плавления, число Рейхарта-Мейсля, показатель преломления
<b>Антибиотики, сульфаниламины, токсичные элементы, афлотоксин, радионуклиды</b>	<b>MP, ГОСТы</b>
<b>Соматические клетки (разного генеза в т. т.ч. и добавленные)</b>	<b>Метод проточно-лазерной флуоресцентной спектрометрии</b>

# Методы контроля преимущества и недостатки

- Прямой подсчет
- Лазерно-проточная цитометрия
- Кондуктометрия (электропроводность)

*Самый распространенный метод*

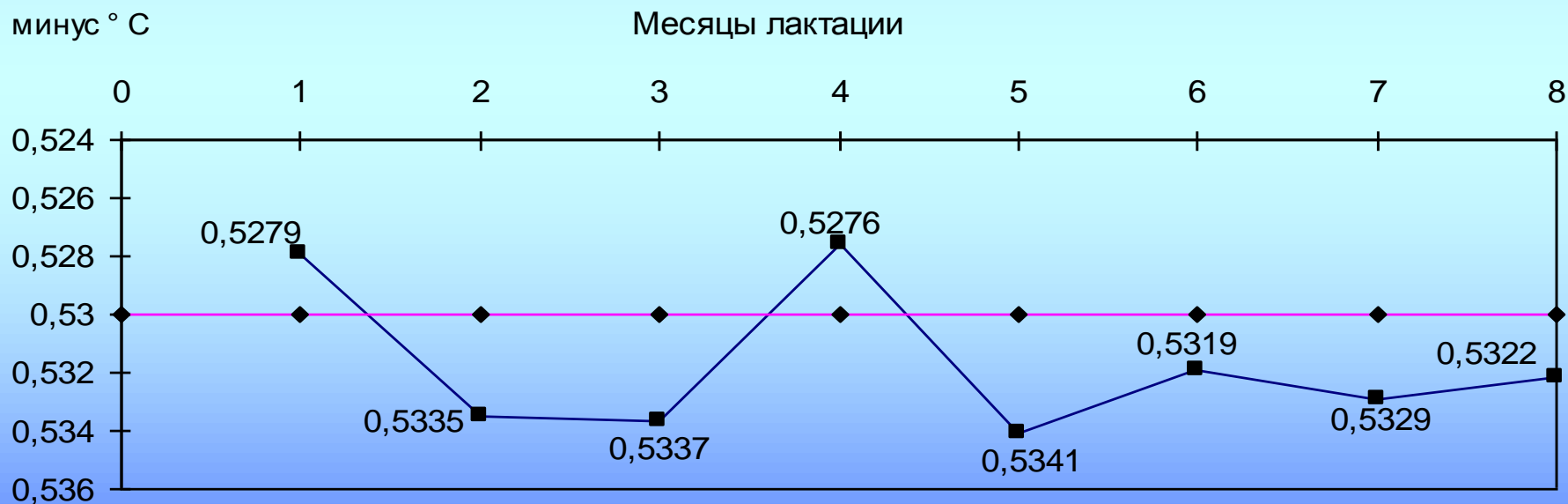
*Точный ли????*

- Вязкозиметрия (вязкозиметр)
- Скрининг тесты

- Жирнокислотный состав липидов молока определяет сенсорные свойства молока, а также его поведение в течение хранения, в частности, интенсивность процессов липолиза и окисления.
- Интересные исследования недавно проведены коллективом авторов во главе с Р. Гедегаард, которые заключались в сравнительном анализе результатов сенсорного и химического анализа молока трех типов: контрольного, с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот и длинноцепочечных насыщенных жирных кислот [Hedegaard RV et al., 2006].
- Авторами установлено, что сенсорные свойства молока с повышенным содержанием длинноцепочечных насыщенных жирных кислот значительно отличаются от свойств молока двух других типов. Уже в свежем состоянии оно характеризуется вкусом и ароматом, сопровождающих процессы липолиза - прогорклый, а в течение хранения в нем интенсивно протекают процессы липолиза.
- Молоко с повышенным содержанием ненасыщенных жирных кислот в свежем состоянии не отличается по сенсорным характеристикам от контрольного, однако в процессе хранения оно проявляет склонность к процессам окисления. Концентрация соединений - маркеров процессов окисления и антиоксидантная способность, определенная как лагфаза электронного спинового резонанса, свидетельствует об образовании свободных радикалов, проявляют высокую корреляцию с сенсорными показателями, такими как металлический вкус и вкус и аромат картона.

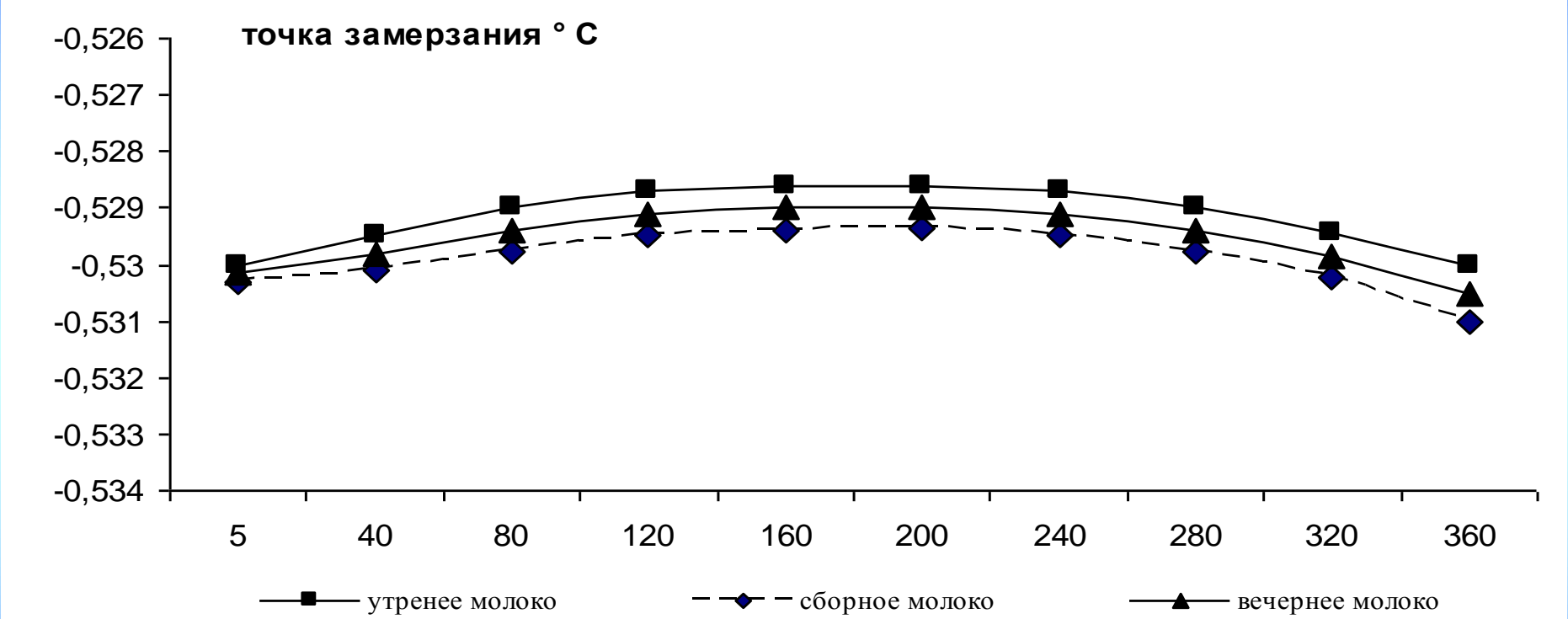
# Зависимость точки замерзания фальсифицированного молока при добавлении 10 % воды от точки замерзания натурального молока

Точка замерзания натурального молока, минус ° C				
-0,550	-0,540	-0,530	-0,520	-0,510
Точка замерзания при добавлении 10 % воды				
-0,495	-0,486	-0,477	-0,468	-0,459



**Рис. - Изменение точки замерзания на протяжении нескольких месяцев лактации**

В современной литературе измерению точки заморзания коровьего молока, свободного от добавленной воды, посвящено мало работ и, в основном, это зарубежные труды. Так В. А. Slaghuis, GH Klungel [ 324 ], исследовавших в течение 56 - ти недель качество молока 66 -ти высокопродуктивных коров (> 10 тыс / кг за лактацию) установили, что точка заморзания молока вечернего удоя колеблется в пределах от минус 0,463 до минус 0,559 ° с, а утреннего от минус 0,489 до минус 0,548 ° с, в среднем эти значения по данным статистической обработки были соответственно минус 0,531 и минус 0,529 ° С. Молоко утреннего и вечернего доения по этому показателю немало статистически достоверной разницы



**Рис. - Модель точки заморзания молока коров от высокопродуктивного стада по дням лактации**

По материалам и Северной американской конференции, 2002 г., в стадах 99 датских, 33 немецких и 262 голландских ферм при Исследовании влияния автоматических систем доения на качество молока, установлено, что точка заморзания молока находилось на уровне минус 0,517 - 0,522 ° С



Ингибирующие вещества - собирательное наименование химических веществ и соединений, которые препятствуют или тормозят развитие разного рода бактерий

Относятся антибиотики, сульфаниламиды, нитрофураны, нитраты, консервирующие (формалин, перекись водорода), нейтрализующие (сода, гидроокись натрия, аммиак), моющие и дезинфицирующие средства и др.

## На проявление ингибирующих свойств молока влияют различные факторы.

Возможными источниками попадания ингибиторов в молоко являются: нарушения в браковке молока при лечении животных; санитарная обработка доильного и молочного оборудования; использование некачественных кормов; попадание ряда химических веществ с кормом.

## ЛОЖНОПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

!!! Отмечено проявление положительной реакции на присутствие ингибирующих веществ в **стародойном молоке** коров в предзапускной период. Количество такого молока увеличивается со сроком стельности коров: чем глубже стельность, тем выше процент выявления положительных реакций на ингибиторы. Для устранения влияния примеси молока коров запускного периода на качество не допускается его смешивание с молоком общего удоя в последние две недели перед началом сухостойного периода.

На ингибирующие свойства молока могут влиять кормление коров и **качество кормов**. Следует строго соблюдать дозировку химических реагентов при консервировании силоса. На ингибирующие свойства молока может оказать влияние наличие повышенного содержания **нитратов или нитритов в кормах**.

Возможны положительные реакции на присутствие ингибиторов в молоке в результате **вакцинации** лактирующих коров. **Аллергические** реакции к антибиотикам (после полной каденции – в молоке аллергены дают положительную реакцию). Кроме того, в молоке присутствуют **природные ингибирующие вещества (лактоферин)**, которые имеются в повышенных количествах в вымени коров в период отела (в молозиве), в случае заболевания маститом, в конце лактационного периода или как часть защитной реакции коров против инфекций. Эти вещества имеют антибактериальную активность и вызывают ингибирование во всех системах бактериальных анализов.

## Определение ингибиторов – прошлый век!!!

Наличие ингибирующих веществ в сыром молоке проводят согласно ГОСТу 23454-79. «Молоко. Методы определения ингибирующих веществ». Определение в молоке сыром антибиотиков (как ингибирующих веществ) проводят согласно ГОСТ Р 51600-2000. Качественное определение наличия антибиотиков и сульфаниламидных веществ в молоке и молочных продуктах допускается проводить с помощью дельвотестом, полютесту, Копан-теста или других зарегистрированных диагностикумов согласно инструкции по их применению

**Новый стандарт 3662 – не предусматривает определение ингибиторов по редуктазной пробе  
(Решение ТК 140. Института молока и мяса НААН)**

# Жирнокислотный состав молочного жира и растительных масел, применяемых в молочной промышленности

Жирные кислоты	Массовая доля жирных кислот, %						
	Молочный жир	Кокосовое	Пальмоядровое	Пальмовое	Подсолнечное низкоолеиновое	Кукурузное	Соевое
Масляная (C <sub>4:0</sub> )	2,0–5,0	–	–	–	–	–	–
Капроновая (C <sub>6:0</sub> )	1,0–3,5	0,4–0,6	до 0,8	–	–	–	–
Каприловая (C <sub>8:0</sub> )	0,4–2,0	5,8–10,2	2,4–6,2	–	–	–	–
Каприновая (C <sub>10:0</sub> )	0,8–6,5	4,5–7,8	2,0–5,0	–	–	–	–
Лауриновая (C <sub>12:0</sub> )	0,8–4,0	43,0–51,0	41,0–55,0	0,1–0,4	–	до 0,3	–
Миристиновая (C <sub>14:0</sub> )	7,6–14,6	16,0–21,0	14,0–18,6	0,5–2,0	до 0,2	до 0,3	до 0,2
<b>Пальмитиновая (C<sub>16:0</sub>)</b>	<b>20,0–38,0</b>	<b>7,5–10,0</b>	<b>6,5–10,0</b>	<b>39,0–47,0</b>	<b>5,6–7,6</b>	<b>8,0–19,0</b>	<b>8,0–13,3</b>
Пальмитолеиновая (C <sub>16:1</sub> )	1,5–4,0	0,2–1,5	до 0,1	до 0,6	до 0,3	до 0,5	до 0,2
Стеариновая (C <sub>18:0</sub> )	5,5–13,7	2,3–4,0	1,0–3,5	3,5–6,0	2,7–6,5	0,5–4,0	2,4–5,4
Олеиновая (C <sub>18:1</sub> )	16,7–37,6	5,0–10,0	12,0–19,0	36,7–43,0	14,0–39,4	19,0–50,0	17,7–26,1
Линолсвая (C <sub>18:2</sub> )	1,0–5,2	1,0–2,5	0,8–3,4	6,5–12,0	18,3–75,0	34,0–62,0	49,8–57,1
Линоленовая (C <sub>18:3</sub> )	0,1–2,1	до 0,5	до 0,1	до 0,5	до 0,2	до 2,0	5,5–9,5
Арахиновая (C <sub>20:0</sub> )	0,3–1,3	до 0,5	до 0,1	до 0,1	0,2–0,4	до 1,0	0,1–0,6
Гадолеиновая (C <sub>20:1</sub> )	–	до 0,5	до 0,1	–	до 0,2	до 0,5	До 0,3
Арахидоновая (C <sub>20:4</sub> )	0,2–1,7	–	–	–	–	–	–
Бегеновая (C <sub>22:0</sub> )	До 0,1	до 0,5	до 0,1	–	0,5–1,3	до 0,5	0,3–0,7
Лигноцериновая (C <sub>24:0</sub> )	–	до 0,5	до 0,1	–	0,2–0,3	до 0,5	До 0,4

# Origine des lipides

## Exogène

### ▪ Végétales

- fruits (olive)
- graines (tournesol, colza, noix)

### ▪ Animales

- graisses de dépôt (saindoux, suifs)
- graisses de lait (ruminants)
- graisses de la faune aquatique

## Endogène : dans l'organisme

### ▪ biosynthèse

# Происхождение липидов

## Экзогенные

### ▪ Растения

- Фрукты (оливковое)
- Семена (подсолнечник, рапс, грецкий орех)

### ▪ Животные

- Жировые депо (сало, жир)
- Жир молока (жвачные)
- Жиры из водной фауны

## Эндогенные: отложения в теле

### ▪ Биосинтез

# I. Les acides gras

- A) Les acides gras saturés
- B) Les acides gras insaturés
- C) Les acides gras atypiques



# A) Насыщенные жирные кислоты

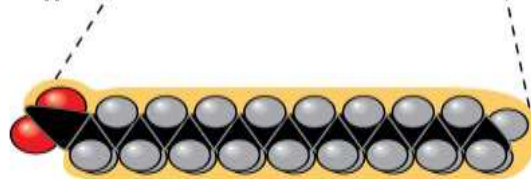
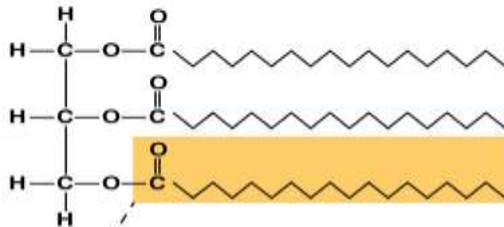
# B) Ненасыщенные жирные кислоты

# C) Атипичные жирные кислоты

## (a) Saturated fat



Structural formula of a saturated fat molecule

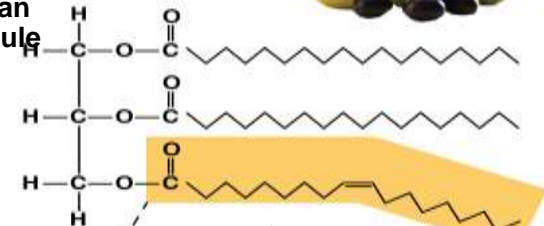


Space-filling model of stearic acid, a saturated fatty acid

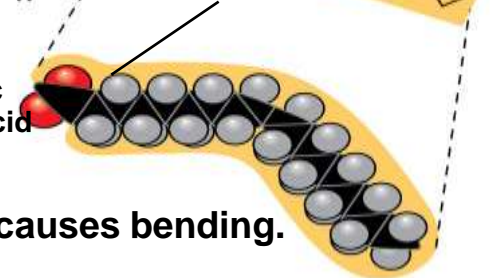
## (b) Unsaturated fat



Structural formula of an unsaturated fat molecule

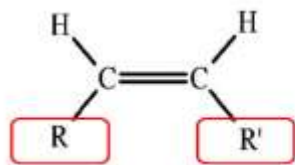


Space-filling model of oleic acid, an unsaturated fatty acid

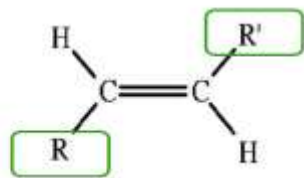


*Cis* double bond causes bending.

## Configuration Isomérisie cis - trans (1)

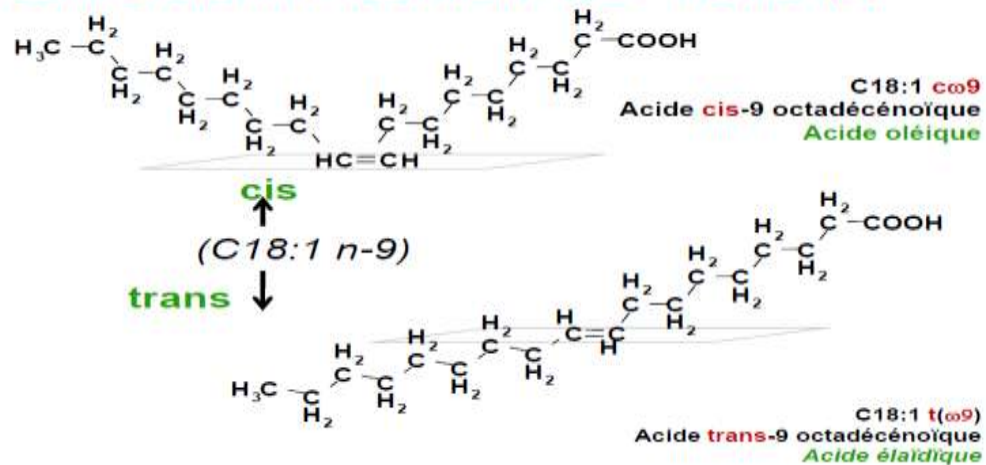


Configuration *cis*



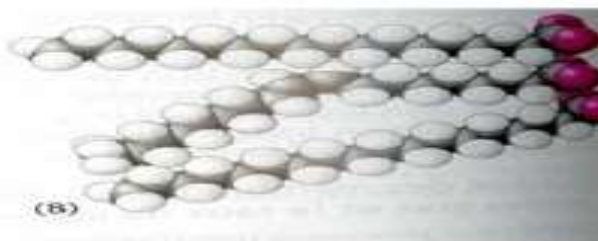
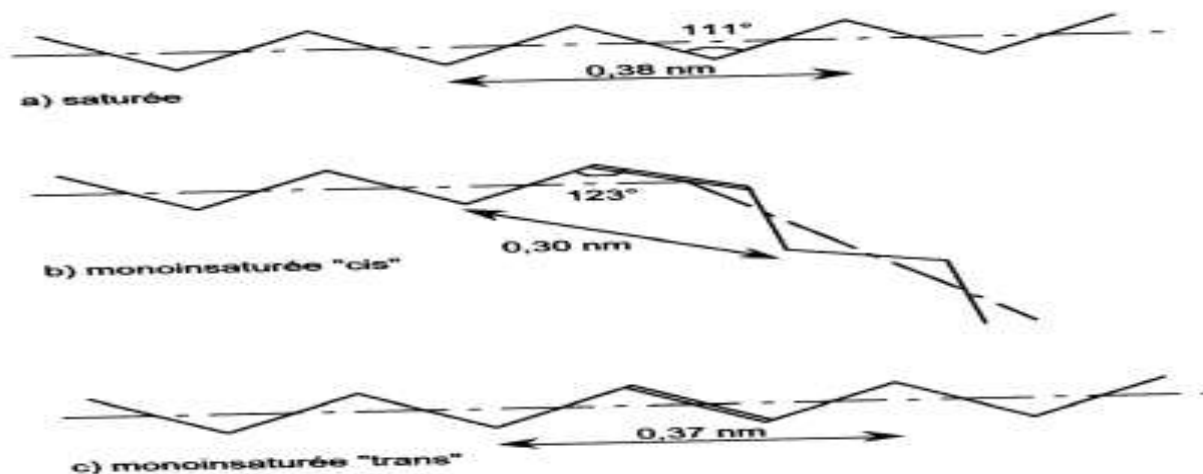
Configuration *trans*

## Configuration Isomérisie cis - trans (2)



NB : Les acides gras naturels sont majoritairement en *cis*

## Conformation des acides gras

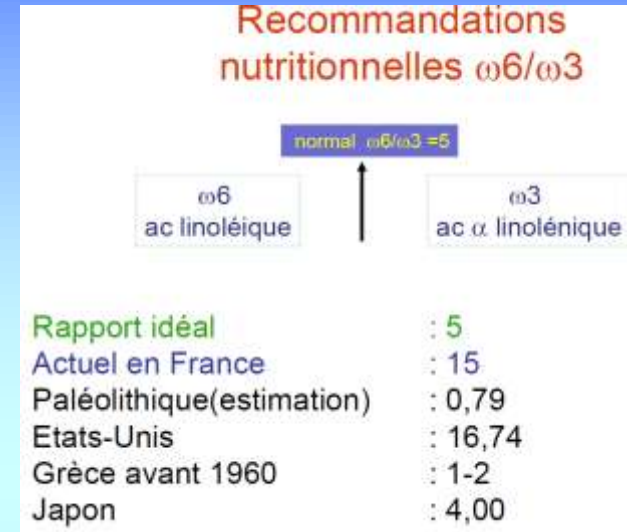


# «Идеальный» липид А.П. Левицкий, 2002

НЖК : ПННЖК  $\omega_3$  : ПННЖК  $\omega_6$  : МННЖК = 23,0 : 1,6 : 6,4 : 69

$\omega_6 / \omega_3$

У жителей Европы и США	1 : 30
У жителей США	1 : 16,74
У жителей Франции	1 : 15
У жителей Греции до 1960г	1 : 30
Средиземноморская диета	1 : 2
У жителей Японии	1 : 4
По формуле Левицкого А.П.	1 : 4
Оценка ПАЛЕОЛИТА (древнекаменный век около 2,5 млн лет назад)	0:79
<b>ФАО/ВОЗ «Идеальное соотношение»</b>	<b>1 : 5</b>



Основные показатели гипотетически идеального жира и специализированных жиров  
 («Идеальный» липид по формуле РАМН (цит. по Нифталиеву и др. 2009)

Соотношение содержания жирных кислот	Идеальный жир
Отношение ненасыщенных к насыщенным	0,60 – 0,90
Отношение линолевой к линоленовой	7,00 – 40,00
Отношение линолевой к олеиновой	0,25 – 4,00
Отношение суммы олеиновой и линолевой к сумме пентадекановой и стеариновой	0,90 – 1,40

# **В то же время** из современной парадигмы питания следует:

Семейство  **$\omega 3$**  ПНЖК:  $\alpha$  –линоленовая C18:3 /  $\omega 3$  Эйкозопантеновая кислота (ЭПК) C20:5  $\omega 3$   
Докозгексаеновая кислота (ДГК) C22:6  $\omega 3$

Обеспечивают N функцию клеточных мембран трансмембранных ионных каналцев, регулируют синтез липидных медиаторов, влияют на текучесть клеточных мембран, изменяя ферментативную активность, передачу импульсов и работу рецепторов. Обладают гиполлипидемическим (подавление синтеза ЛПНП > их выведение, > экскреции желчи), антиагрегатным (< вязкости и > реологических свойств крови), противовоспалительным антиритмическим свойством обуславливают гипотензивный эффект.

## **– Гренландский феномен: 10-кратное снижение смертности от сердечнососудистых заболеваний (Dyeberhg J. et al., 1975)**

– Источники омега 3: лосось, сардины, тунец, криль, рапс, льняное масло

Омега-3 кислоты важны для развития **мозга и зрения.**

В общине инуитов, несмотря на высокий уровень потребления жира, люди имеют низкие показатели сердечно-сосудистых заболеваний потребления рыбы (источники омега-3) несколько раз в неделю





Большое разнообразие жирных кислот в жире молока коров обусловлена рубцовыми биогидрогенованиями С18 ненасыщенных жирных кислот липидов корма и синтезом жирных кислот de novo в ткани молочной железы [Palmquist DL, 2006]. 1963 г.

Г. Гартон сообщал, что в молочном жире обнаружено **64 ЖК** [Garton GA, 1963].

Р. Дженсен в 1991 г. сообщил, что в составе триацилглицеролов ( ТАГ ) молока коров выявлено около **400 ЖК** [Jensen RG et al., 1991], в обзоре [Jensen R., 2002] - **416 ЖК**.

П. Моуейт и соавт. на основе 29 публикаций 1992-2006 гг, которые включали результаты 120 опытов, проведенных на коровах голштинской породы, проанализировали содержание основных 26 жирных кислот молочного жира от С4:0 до С22:6, установили средние значения, пределы колебаний и стандартные отклонения, а также корреляционные зависимости в содержании индивидуальных жирных кислот и их изомерных форм [Moate PJ et al., 2007].

В частности, установлено, что доминирующими кислотами являются следующие, средние значения содержания которых и пределы колебаний, соответственно, составляют (мг / г жирных кислот) : С14: - 103,8; 63,3-135,0 **С16:0 - 285,1; 147,1-462,1**; С18:0 - 105,1; 30,6-268,7; С18:1 - 205,0; 70,3-371,4. С жирных кислот, которые имеют важное биологическое значение, следует выделить следующие кислоты: транс -11 С18: - 33,3; 5,8-99,5; цис - 9, транс -11 С18:2 - 10,2 ; 2,8-24,5.

Содержание кислот, вызывающих молочножировую депрессию у коров, составляет:

транс - 10 С18:1 - 13,1; 0,3-64,7;  
транс - 10, цис -1 2 С18:2 - 0,4; 0-1,4.

Содержание жирных кислот, которые синтезируются de novo, составляет 232,6 мг жирных кислот; пределы колебаний 36,6-300,6.

Приведенные данные о границах колебаний свидетельствуют о значительных возможностях моделирования содержания жирных кислот, которые влияют как на здоровье человека, так и на метаболические процессы в молочной железе коров.



## Unsaturated fatty acids

### Saturated fatty acids

Name end in "Enoic"

#### Monounsaturated

Palmitoleic 16  $\Delta^9(\omega 7)$

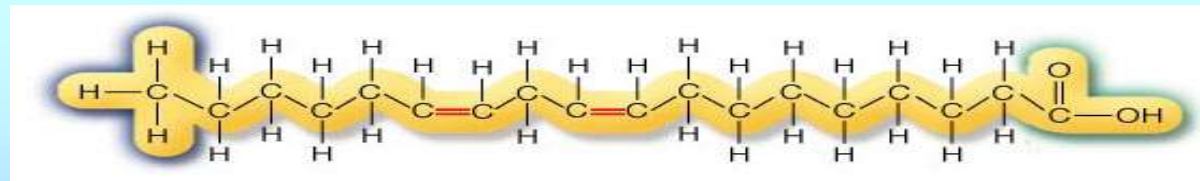
Oleic 18  $\Delta^9(\omega 9)$

Erucic 22  $\Delta^{13}(\omega 9)$

Nervonic 24  $\Delta^{15}(\omega 9)$

#### Polyunsaturated

Linoleic 18  $\Delta^{9,12}(\omega 6)$



$\alpha$ -linolenic 18  $\Delta^{9,12,15}(\omega 3)$  ( $\gamma$ - $\Delta^{9,12,6}(\omega 6)$ )

Arachidonic 20  $\Delta^{5,10,11,14}(\omega 6)$

Timnodonic 20  $\Delta^{5,8,11,14,17}(\omega 3)$  EPA

Clupanodonic 22  $\Delta^{7,10,13,16,19}(\omega 3)$  DPA

Cervonic 22  $\Delta^{4,7,10,13,16,19}(\omega 3)$  DHA

Name end in "Anoic".

Acetic 2

Propionic 3(OCFA)iso-BCFA

Butyric 4

Valeric 5(OCFA)iso-BCFA

Caproic 6

Caprilic 8

Capric 10

Lauric 12

Myristic 14

**Palmitic 16 (25%)**

Stearic 18(5%)

Arachidic 20

Lignoceric 24

# Omega-3:

Eicosapentaenoic acid (EPA)

Docosahexaenoic acid (DHA)

## Alpha-linolenic acid (ALA)

flaxseed--most, canola (rapeseed), soybean, walnut, wheat germ body can make some EPA and DHA from ALA

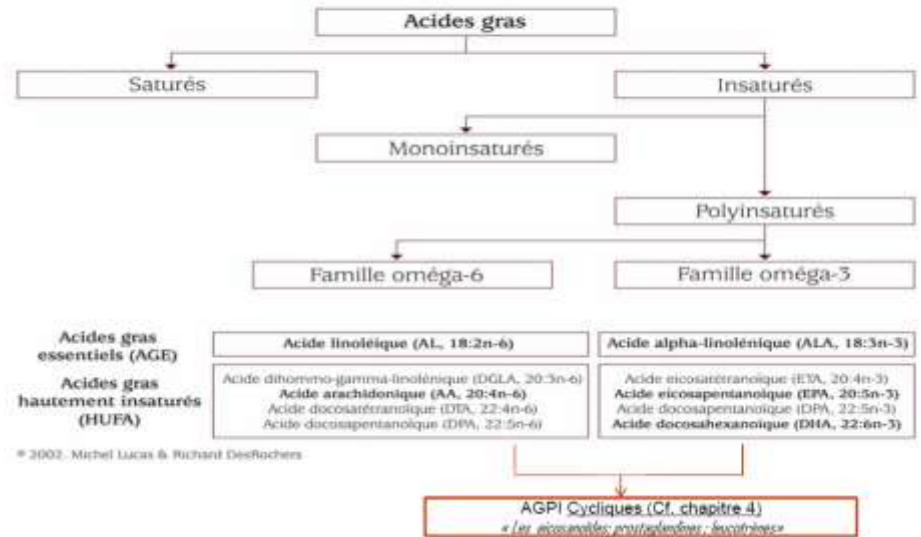
# Omega-6

corn, safflower, cottonseed, sesame, sunflower

## Linoleic acid

Introduction of first double bond is always at or near Δ9 by desaturase in presence of O<sub>2</sub>, NADH, cyt b5.

# Les différentes familles d'acides gras

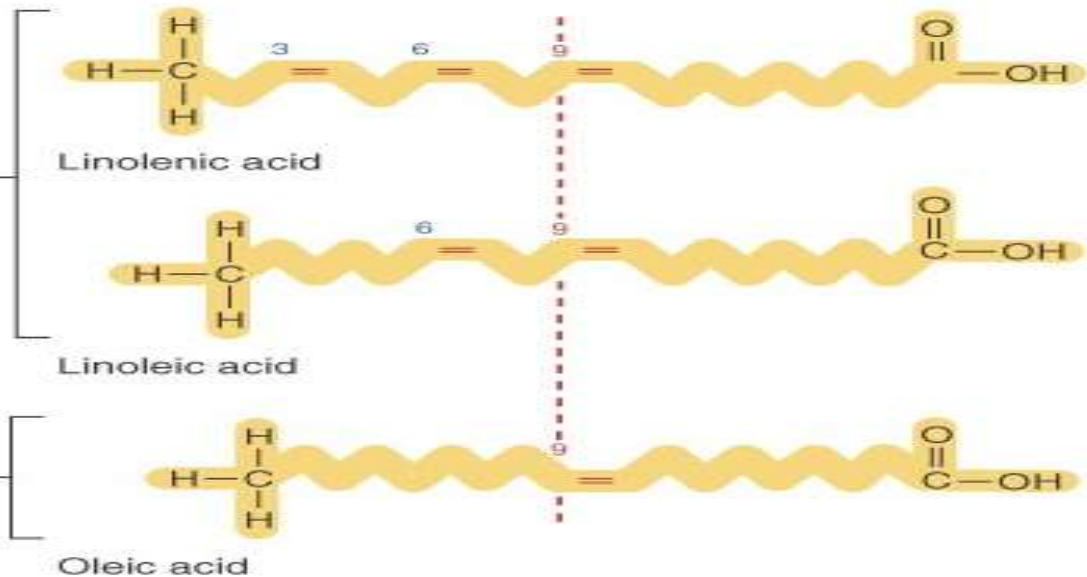


Your body cannot form C=C double bonds before the 9th carbon

Your body can form C=C double bonds after the 9th carbon

Fatty acids with double bonds before the 9th carbon are **ESSENTIAL**

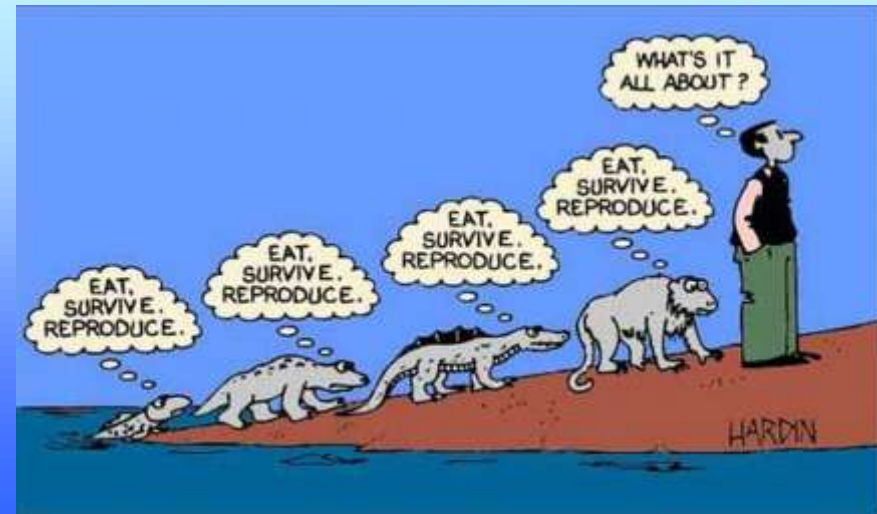
Fatty acids with no double bonds before the 9th carbon are **NONESSENTIAL**



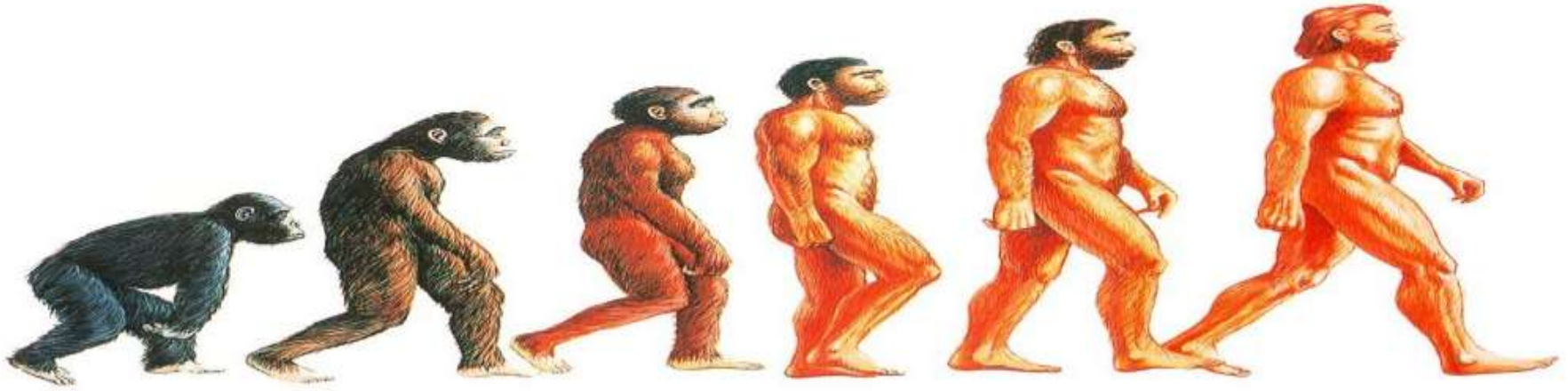
# Доля С16:0 в эволюции живой материи

В ходе окисления С16 распадается на 8 двууглеродных компонентов ацеил – КоА (7 циклов). Каждая молекула ацеил КоА дает 12 молекул АТФ. При полном окислении С16 образуется  $96+21+14=131$  молекула АТФ.

- **Бактерии** (нижний трофический уровень липидов включая С16 для питания донных организмов и растений мирового океана)
- **Водоросли** (как второй трофический уровень для питания морских организмов – сигнальные молекулы в хемотаксисе)
- **Насекомые** (построение феромонов)
- **Рыбы и Земноводные** (доминирующая кислота среди насыщенных)
- **Пресмыкающиеся** (доминирующая кислота в яйцах)
- **Птицы** (доминирующая кислота в яйцах, доминирующая кислота среди насыщенных в мясе и жире)
- **Млекопитающие** (молозиво, молоко, мышечная ткань, абдоминальный и подкожный жир)
- **Мозг млекопитающих** (собственный синтез (*de novo*) тканями мозга С16)

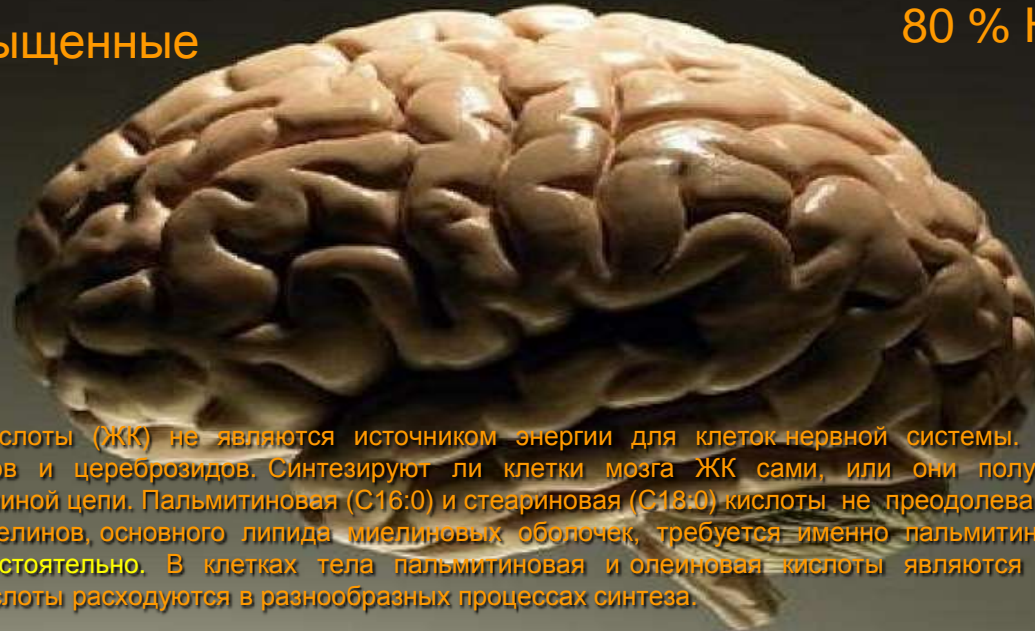


В эволюции Homo sapiens важную роль играют липиды. Установлено, что в сухом веществе мозга человека 60 % липидов, 20 % от СВ это ПННЖК, остальные НЖК с **доминирующим** содержанием С16:0 (Crawford f. March, 1989



20 % Не насыщенные

80 % Насыщенные



Считается, что жирные кислоты (ЖК) не являются источником энергии для клеток нервной системы. Они нужны в основном для синтеза фосфолипидов и цереброзидов. Синтезируют ли клетки мозга ЖК сами, или они получают их из крови? чем насыщенные ЖК с той же длиной цепи. Пальмитиновая (С16:0) и стеариновая (С18:0) кислоты не преодолевают ГЭБ, несмотря на то что для синтеза сфингомиелинов, основного липида миелиновых оболочек, требуется именно пальмитиновая кислота. Возможно, мозг синтезирует ее самостоятельно. В клетках тела пальмитиновая и олеиновая кислоты являются основными субстратами энергии, другие жирные кислоты расходуются в разнообразных процессах синтеза.

# Эволюция и тенденции потребления

## Evolution de la consommation

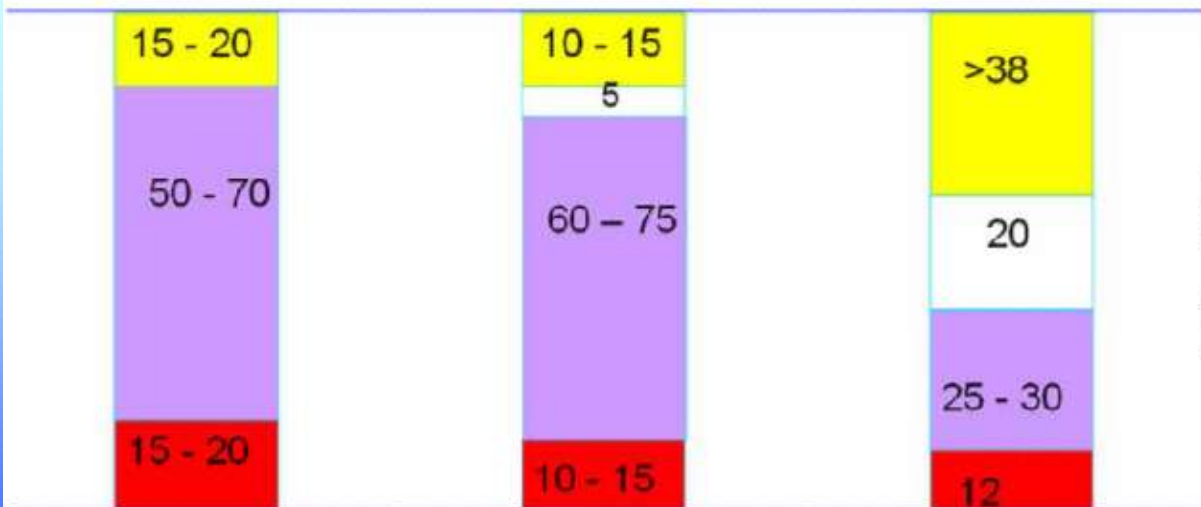


Temps →

Chasse/Cueillette

Agriculture traditionnelle

Agriculture moderne  
Industrie agro-alimentaire



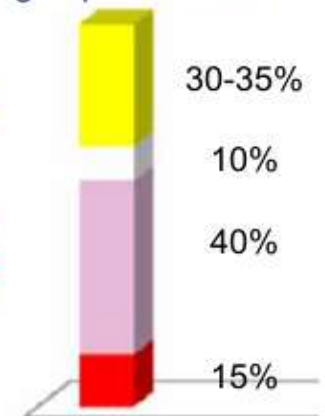
Chasse et cueillette

Agriculture

Sociétés modernes et riches

Recommandation :  
En % des Apports  
Énergétiques Totaux

Lipides  
Sucres  
Amidon  
Protéines





В разрезе млекопитающих обеспечение организма на ранних стадиях онтогенеза энергией пластическим материалом и регуляторными компонентами принадлежит липидам молозива и молока.

Доля **C16:0** среди огромного количества от 67 более чем 400 ЖК липидов молока составляет (Morrison, 1970)%



**В грудном молоке человека 20,2%**

**В молоке коров 22-33%**



**В молоке макака резус 20,9%**

**В молоке коз 24,6%**

**В молоке овец 25,0%**



**В молоке северного оленя 29,0%**

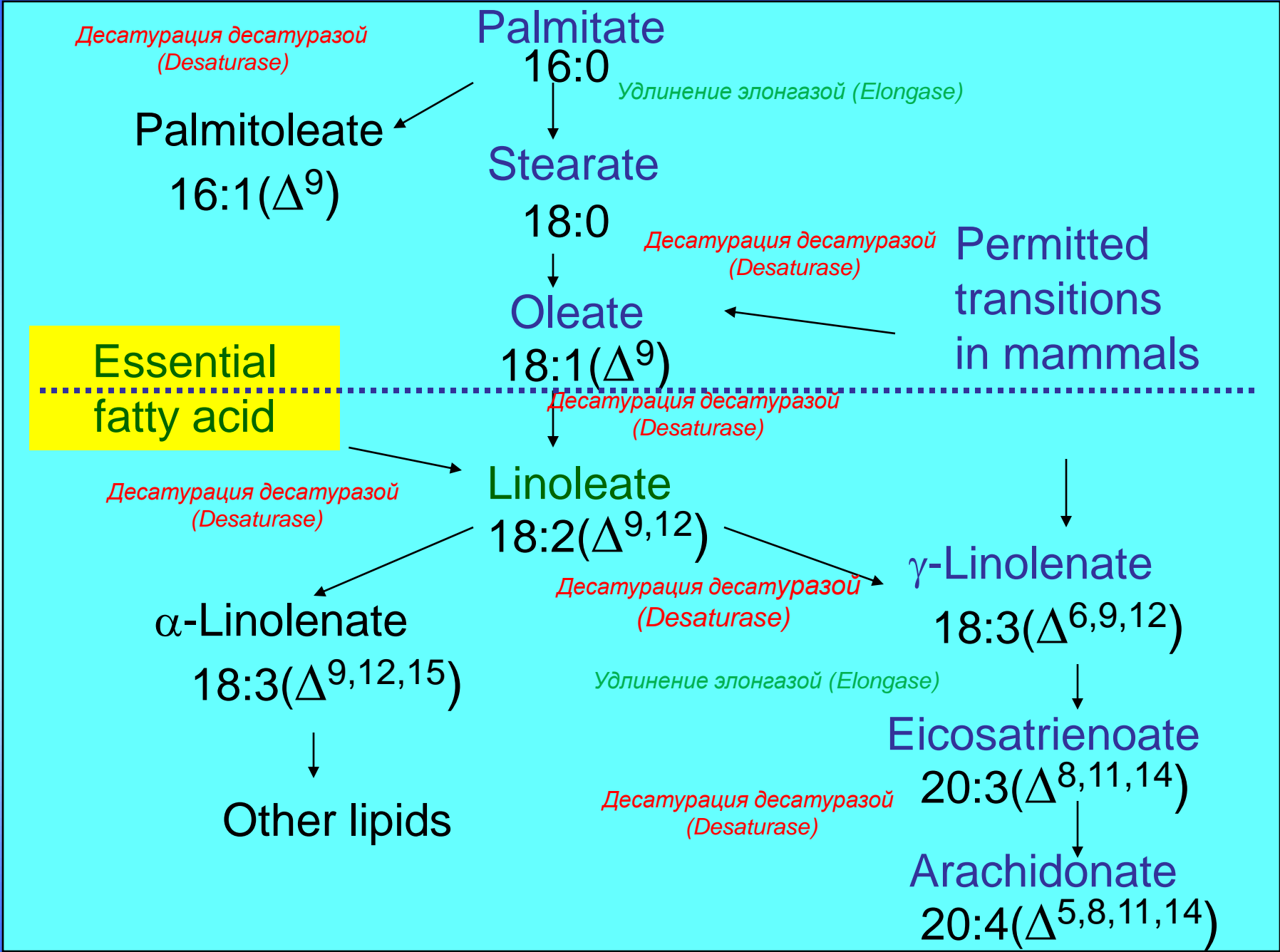
**В молоке свињи 32,9%**



## Постсинтетические модификации

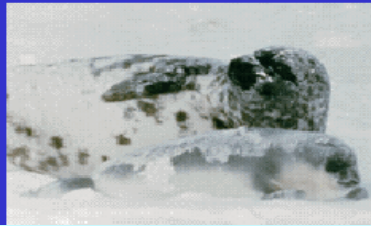
- **C16 C16 SATD жирная кислота (пальмитат)**

- Удлинение (Elongation)
- Сатурация – не предельность (Unsaturation)
- Включение в триацилглицеринов
- Включение в ацилглицерол фосфатов



# MILK FAT

- The most variable milk component in both concentration & composition
- Excellent source of energy (2.25 > protein & CHO)
- Adipose tissue (subcutaneous fat) protects the young in cold environment



# Physical Structure of Milk Fat

Most of milk fat is in the form of fat globule

➤ *Size of fat globules:*

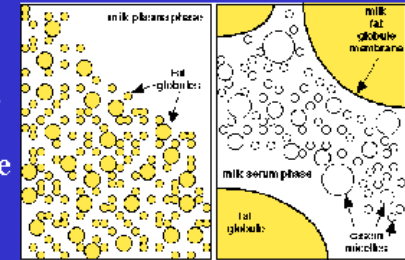
➤ 0.1-15  $\mu\text{m}$  in diameter

➤ Covered by thin membrane

➤ *Thin membrane:*

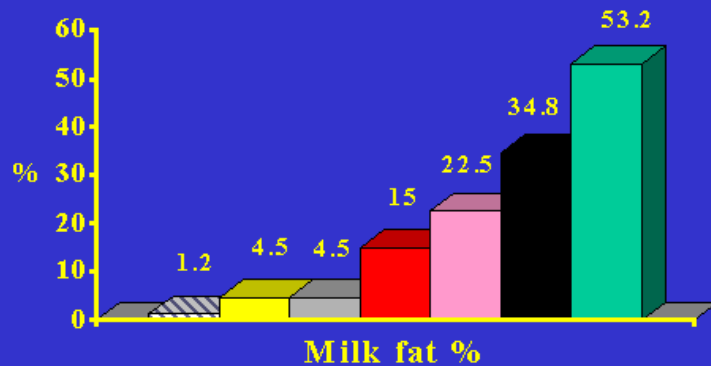
➤ Origin: apical membrane of the secretory cell

➤ Composition: Protein & phospholipids



# Variation in milk fat among mammals

Legend: Donkey (hatched), Human (yellow), Cow (grey), Rat (red), Reindeer (pink), Whale (black), Seal (teal)



# Chemical Composition of Milk Fat

- Triglycerides or triacylglycerol (> 95%)
- Phospholipids
- Diacylglycerol
- Cholesterol
- Unesterified fatty acids

Milk fat composition is fairly constant among species

Источники жирных кислот в молоке

# Sources of milk fatty acids

жирные кислоты молока

Milk fatty acids

Липиды плазмы крови (50%)

Синтез в молочной железе *de novo* (50%)

Blood plasma lipids  
(50%)

*De novo* synthesis  
in the mammary  
gland (50%)

Липиды из корма (80%)

Липиды извлеченные из жировой ткани (20%)

Lipids of dietary  
origin (80%)

Lipids from adipose  
tissue (20%)

# Конъюгированная линолевая кислота (CLA)

- Многие изомеры ( $n = 24$ ) поступают в рубец из корма  
C18: 2 цис-9, транс-11  
C18: 2 транс-7, цис-9  
C18: 2 транс-10, цис-12  
C18: 2 цис-8, транс-10
- Было показано, что эти конъюгаты могут обладать следующими свойствами: антиканцерогенными, антиатерогенными, антидиабетическими
- Улучшать состояние иммунной системы, уменьшать выраженность кахексии, снимать симптомы волчанки, улучшение минерализацию костей, изменять липидный обмен

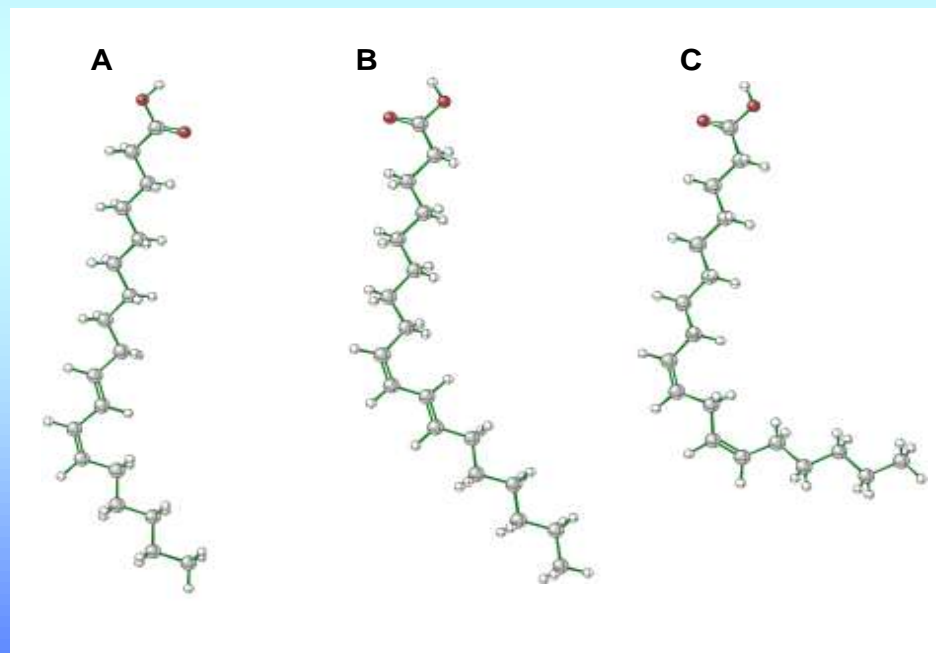
## Молочный жир и CLA

В связи с возможной пользой для здоровья CLA естественным образом содержится в молочных продуктах:

Ранние работы ученых были сосредоточены на увеличении содержания CLA в коровьем молоке (в среднем  $\sim 6$  мг / г)

Выявление источников вариации (3 - 30 мг / г)  
Определение состава молочного жира CLA изомеров

В попытке повысить молочный жир CLA было счастливой случайности обнаружить, что экзогенный CLA **существенно снижает синтез жиров молока** (Chouinard et al., 1998)

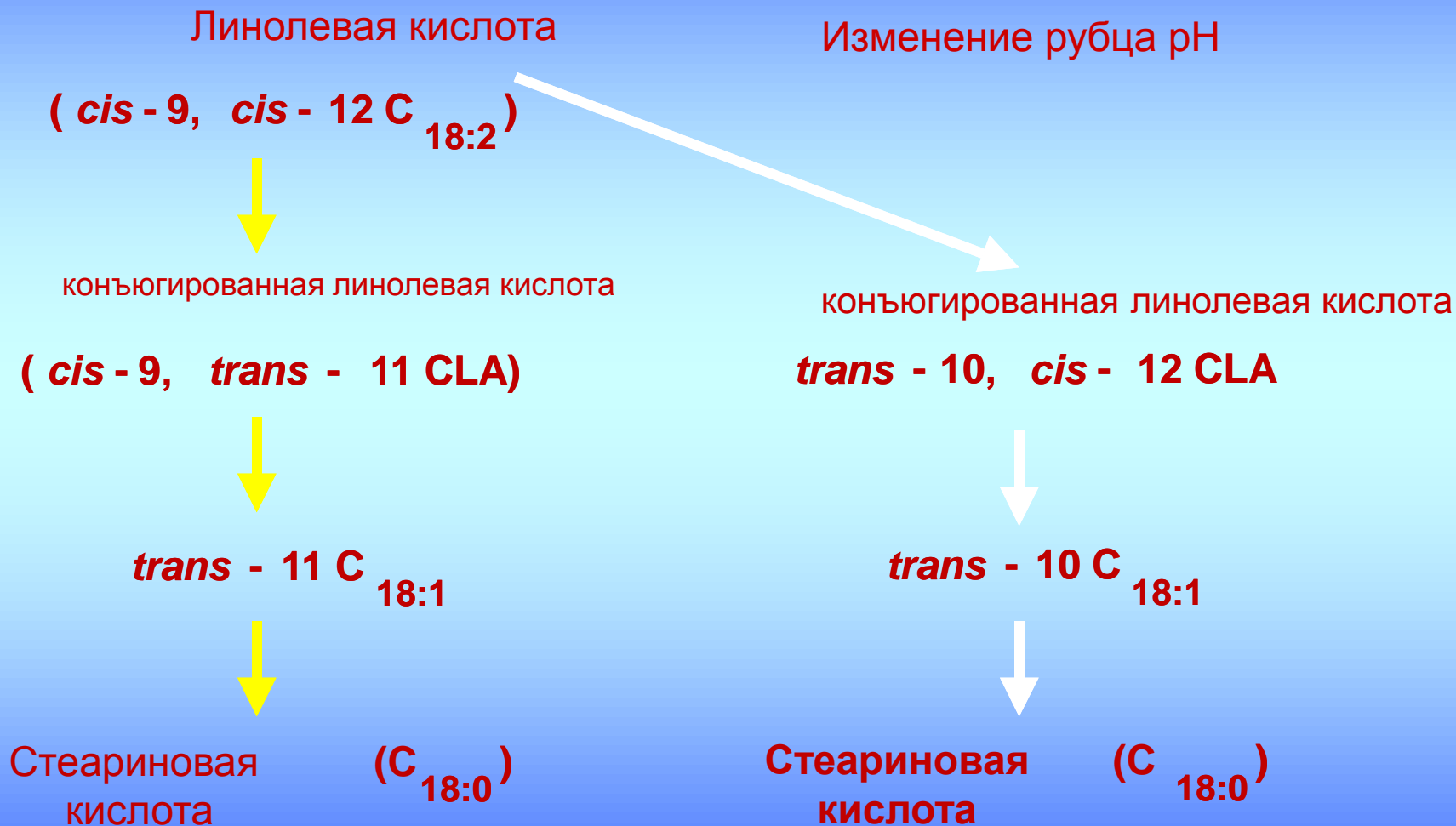


t10, c12 CLA

c9, t11 CLA

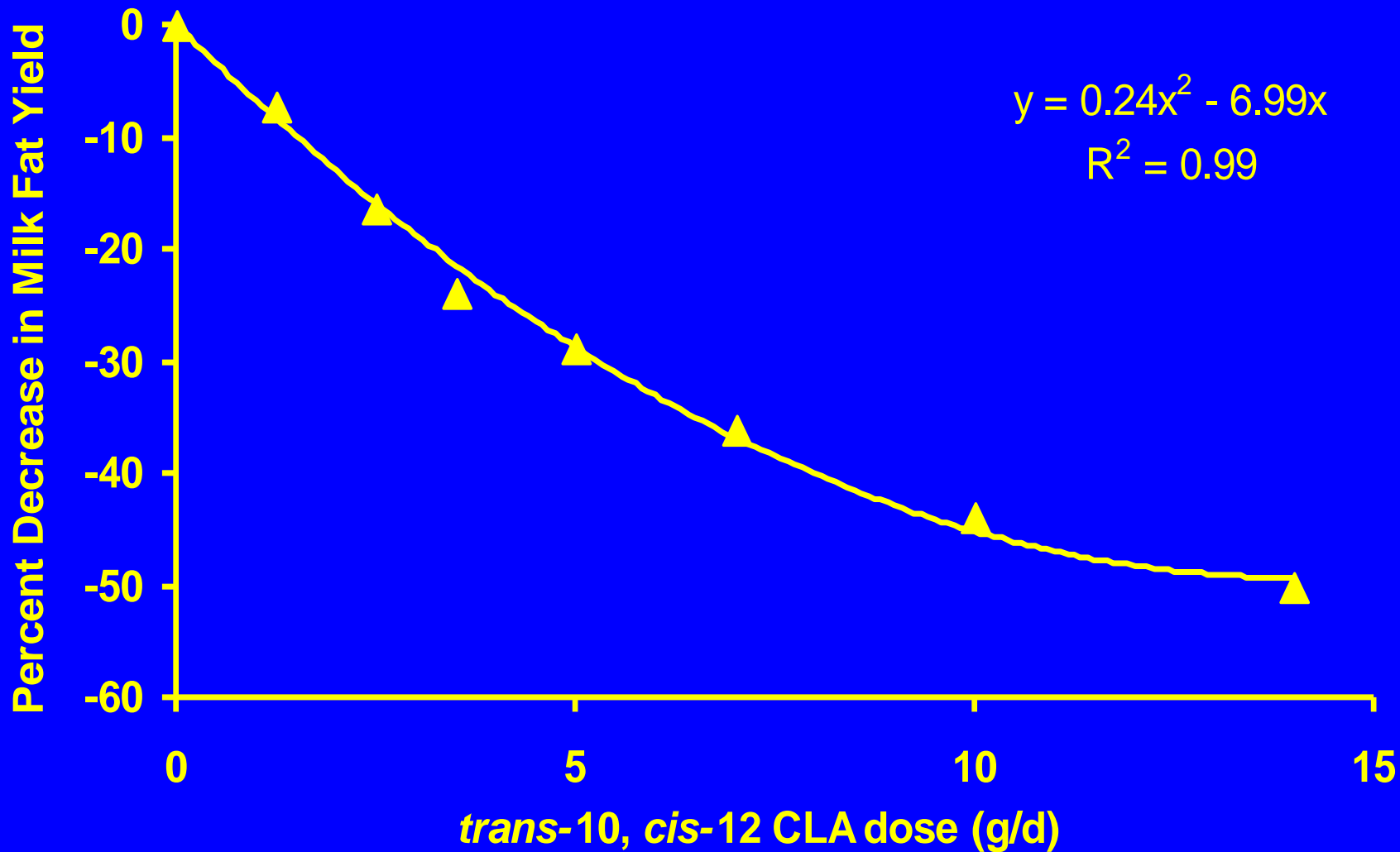
c9, c12 C<sub>18:2</sub>

# Рубец Biohydrogenation



Griinari and Bauman, 1999

# *trans*-10, *cis*-12 CLA Dose Response



# CLA синтезе молочного жира

**Активные:** снижают синтез жира молока    **Не активные:** не влияет

- 
- 18:2 *trans*-10, *cis*-12
  - 18:2 *trans*-9, *cis*-11

- 
- 18:2 *trans*-8, *cis*-10
  - 18:2 *cis*-11, *trans*-13
  - 18:2 *trans*-9, *trans*-11
  - 18:3 *cis*-6, *trans*-10, *cis*-12
  - 18:3 *cis*-6, *trans*-8, *cis*-12



# Успеха и процветания!

## Obrigado!

### Grazie!

### Thank you!

### Gracias!

### Mercie!

### Dziękuję!

### Спасибо!

### Дякую!

