

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА КОРОВ НА ЕГО ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ, ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Ю.П. Фомичёв, Е.А. Черных

Всероссийский государственный научно-исследовательский институт
животноводства РАСХН,

Б.С. Гаврюшенко

ЗАО «ДЕГА-Инжиниринг»

В.Д. Харитонов

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной
промышленности

Обработка молока УФ излучением не оказала влияния на органолептические свойства, физические показатели, на содержание белка и аминокислотный состав, содержание лактозы, фосфатазы, пероксидазы и витамина А, но снижало содержание жира и изменяло его жирнокислотный состав, снижало содержание витаминов Е и С и повышало содержание витамина D₃.

молоко, ультрафиоленовая обработка, биохимические, технологические и гигиенические свойства

В настоящее время с целью деконтаминации микрофлоры молока и увеличения сроков его хранения в мире широко используются преимущественно две технологии – тепловая пастеризация и высокотемпературная стерилизация. Несмотря на то, что данные технологии обеспечивают решение поставленных задач, они имеют ряд недостатков.

При высокотемпературном воздействии на молоко в нем происходят физико-химические [1-3], биологические [4-6] и коллоидные [7] изменения, в результате чего снижается его питательная ценность [8-9].

Из альтернативных способов нетепловой обработки молока в последнее время были предложены такие как микрофльтрация, электропульсионный и ультразвуковой методы без тепловой и с дополнительной тепловой обработкой.

Наиболее перспективным в настоящее время является способ нетепловой ультрафиолетовой (далее – УФ) обработки, который позволяет максимально сохранить нативные свойства, обогатить молоко витамином D, при значительном снижении энергозатрат на его обработку [10].

Ранние работы, проведенные в 30 – 60 гг. были направлены, в основном, на получение молока, обогащенного витамином D, для детского питания в целях профилактики рахита [11-14]. Однако, из-за громоздкости технических средств, низкой эффективности обработки и отсутствия данных по оптимальным режимам обработки молока, при которых сохранялись бы и биологические свойства и обеспечивалась его пастеризация (стерилизация), данный метод не нашел широкого применения в практике.

В настоящее время на основе достижений в физике, электронике и других смежных областях знаний стало возможным создание установки УФ обработки молока, отвечающей современным требованиям производства, обеспечивающей получение питьевого молока, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам.

Цель исследований - определение наиболее эффективной длины волны УФ-спектра для обработки молока и изучение её влияния на его биохимические, технологические и гигиенические свойства.

Материалы и методы исследований. Объектом изучения служило молоко коров: сырое - исследовалось в свежем состоянии и являлось контролем, пастеризованное и облученное ультрафиолетом мощностью 20 и 40 Вт - было опытными образцами.

Облучение молока ультрафиолетом проводили на молочном заводе Организации научного обслуживания ВИЖа «Клёново-Чегодаево» на специальной установке, разработанной ЗАО «ДЕГА-Инжиниринг» с участием ВИЖ и ВНИМИ.

Для облучения использовали свежее молоко, которое подвергалось обработке УФ 20 и 40 Вт. Весь процесс обработки молока, включая дезинфекцию установки, составлял 30 минут. Температура молока перед облучением была 14 °С, при выходе из установки — 16 °С.

Все исследования молока, обработанного УФ излучением (УФИ) проводили в сравнительном аспекте с пастеризацией. Они включали определение и анализ следующих показателей: цвет; вкус; запах; консистенцию; плотность; титруемую кислотность; содержание сухого вещества; белка; жира; лактозы; количество соматических клеток и кетоновых тел; термоустойчивость; активность фосфатазы и пероксидазы; витамины С, А, D₂, D₃, Е; жирнокислотный и аминокислотный состав; микробиологические показатели; бактерицидную фазу; относительную биологическую ценность; пробы на брожение и сычужно-бродильную. Также определяли экономическую эффективность обработки молока УФИ.

Результаты исследований. В начале эксперимента были изучены спектральные характеристики молока в тонкой «пленке» толщиной 10 – 20 мк в диапазоне 185 – 400 нм, которые показали, что в диапазоне 230 – 400 нм коэффициент поглощения УФИ практически неизменен. До 185 нм наблюдается его увеличение почти вдвое. Экстремум поглощения приходится на длину волны 193 нм, а спад поглощения в 5,5 – 6,0 раз при приближении длины волны к 185 нм (рис. 1).

Такая селективность могла быть обусловлена химическим составом молока. Измерение спектральных характеристик основных структурных компонентов молока показали положительную корреляцию поглощения и что основной вклад поглощения УФИ вносит физическое состояние молочного жира.

Для дальнейшей работы был выбран режим обработки 20 – 40 Вт при производительности 20 л/ч (на модуль) при длине волны 253,7 нм.

Обработка молока УФИ в данном режиме не оказала значительного влияния на органолептические показатели, кислотность, плотность и на содержание в молоке лактозы. Обработанное молоко приобретало незначительный сладковатый привкус, который через короткий промежуток времени исчезал.

В нем практически не изменялось содержание белка и не разрушались фосфатаза и пероксидаза, но отмечалось незначительное снижение содержания жира, в то время как при пастеризации снижение содержания белка и жира было более значительным как по отношению к молоку сырому, так и обработанному УФИ.

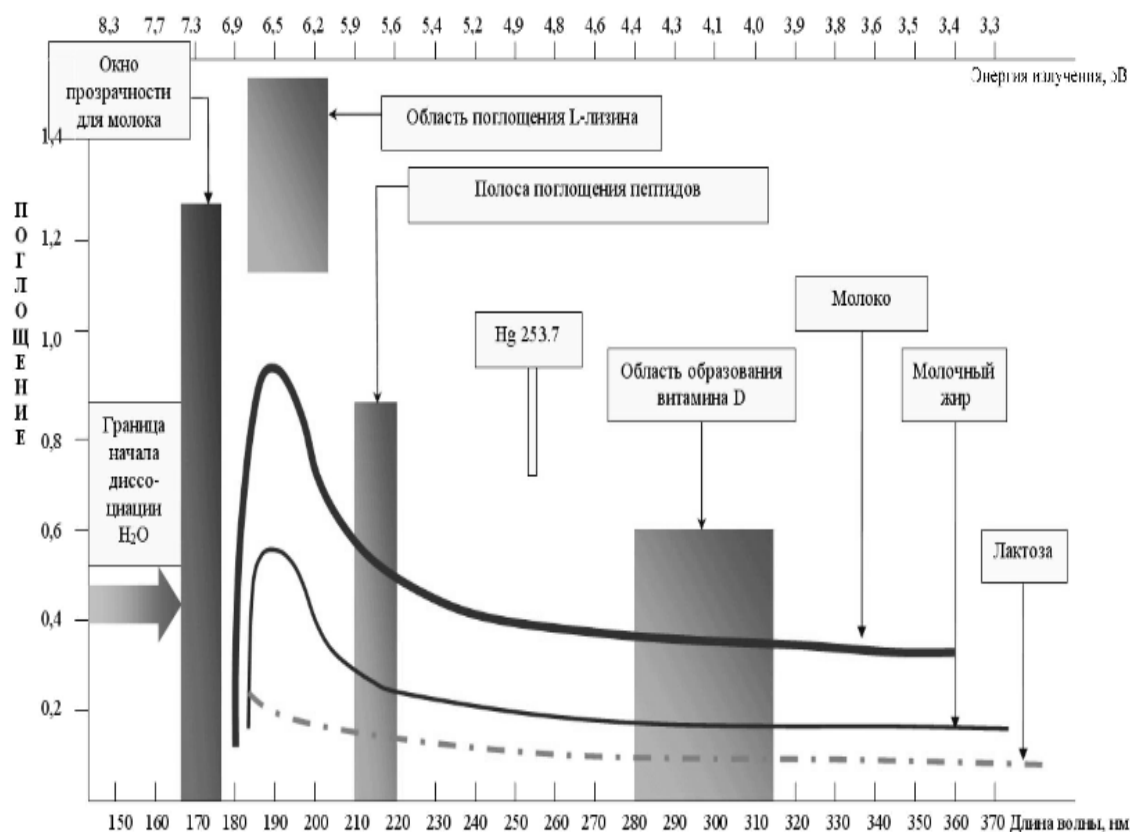


Рисунок 1. Спектральные характеристики молока

Ультрафиолетовая обработка и пастеризация повышали термоустойчивость молока и оказывали разрушающее действие на соматические клетки, содержание которых при УФ обработке снизилось от 36 % до 49 %, а при пастеризации — на 66 % (табл. 1).

Известно, что УФ разрушает витамины С и Е, которые выполняют антиоксидантную функцию. При обработке молока УФ-И содержание витамина С достоверно снижалось. При этом с повышением мощности облучения его снижение было более значительным. В то же время происходило повышение содержания витаминов D₂ и D₃ при сохранении витамина А.

При пастеризации содержание витамина А снижалось в 2 раза, витамина Е — на 25 %, при стабильном содержании витамина С и витамина D₃ (табл. 1).

Данные режимы ультрафиолетового облучения молока также оказали влияние на жирнокислотный состав.

С повышением жесткости облучения изменения в соотношении жирных кислот были более выраженными (табл. 2).

Наиболее заметным изменениям были подвержены миристиновая, гептадекановая, линолевая, пентадекановая, пальмитолеиновая и линоленовая жирные кислоты, что также отличалось и от изменений, происходящих в составе жирных кислот при тепловой пастеризации. Увеличение количества некоторых жирных кислот после пастеризации можно объяснить соответственным снижением содержания линолевой, олеиновой, гептадеценной, линоленовой и гептадекановой жирных кислот.

1. Влияние УФ обработки и пастеризации молока на химические, физические и биохимические показатели

Показатели	Молоко сырое	При обработке		
		УФИ		Пастеризация
		20 Вт	40 Вт	
Сухое вещество, %	12,0±0,13	11,90±0,062	11,92±0,065	11,47±0,076
Жир, %	3,86±0,12	3,78±0,063	3,79±0,063	3,47±0,056
Белок, %	2,94±0,02	2,96±0,025	2,96±0,024	2,81±0,025
Лактоза, %	4,30±0,02	4,30±0,017	4,32±0,016	4,30±0,018
Плотность, °А	27,8±0,24	27,8±0,24	27,9±0,21	27,9±0,18
Кислотность, °Т	16,0±0,25	15,8±0,23	15,9±0,22	16,0±0,29
Соматические клетки, тыс./мл	779,14	498,14	401,86	264,29
Кетоновые тела, мг/%	8,94±0,17	9,13±0,49	9,16±0,35	9,52±0,15
Термоустойчивость, %	75,7±1,08 (II)	77,5±0,83 (I)	78,5±0,76 (I)	78,0±0,80 (I)
Фосфатаза		присутствует		отсутствует
Пероксидаза		присутствует		отсутствует
Витамины:				
— С, мг/л	29,01±0,46	22,43±1,07	19,81±0,96	29,30±0,54
— А, мкг/мл	0,071	0,070	—	0,035
— D ₂ , мкг/мл	0,032	0,046	—	0,250
— D ₃ , мкг/мл	0,111	0,125	—	0,111
— Е мкг/мл	0,290	0,263	—	0,218

2. Влияние тепловой пастеризации и обработки молока ультрафиолетом на жирнокислотный состав, % от суммы

Жирные кислоты	Виды обработки молока			
	Свежеохлажденное	УФ облучение при мощности и производительности		Тепловая пастеризация
		20 Вт; 90 л/час	40 Вт; 90 л/час	
Миристиновая	8,22	8,30	8,94	8,71
Пальмитиновая	32,28	31,85	33,35	30,89
Гептадекановая	1,14	1,07	1,03	1,05
Стеариновая	3,86	3,99	3,80	3,20
Линолевая	6,86	6,94	5,75	6,33
Пентадекановая	1,42	1,47	1,29	1,44
Пальмитолеиновая	2,19	2,52	2,43	2,02
Гептадеценная	0,66	0,60	0,59	0,60
Олеиновая	41,99	41,96	41,57	44,49
Линоленовая	1,38	1,30	1,25	1,27
Суммарно:	100	100	100	100

Также были изучены изменения в содержании аминокислот в молоке под влиянием пастеризации и нетепловой ультрафиолетовой обработки. Наблюдалась тенденция увеличения аминокислот в обработанном ультрафиолетом молоке по сравнению со свежоохлажденным (табл. 3). При этом с повышением жесткости ультрафиолетового облучения увеличение содержания аминокислот нарастало и было выше, чем при тепловой пастеризации. Наибольшим изменениям в содержании аминокислот были подвергнуты лейцин, пролин, валин, треонин, изолейцин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты.

3. Влияние тепловой пастеризации обработки молока ультрафиолетовым излучением на содержание аминокислот в молоке, %

Аминокислоты	Виды обработки молока			
	Свежеохлажденное	УФ облучение при мощности и производительности		Тепловая пастеризация
		20 Вт; 90 л/час	40 Вт; 90 л/час	
Лизин	0,24	0,25	0,25	0,24
Гистидин	0,10	0,11	0,10	0,10
Серин	0,15	0,17	0,17	0,15
Аланин	0,09	0,10	0,10	0,09
Лейцин	0,28	0,31	0,32	0,29
Метионин	0,087	0,094	0,10	0,099
Аргинин	0,15	0,15	0,14	0,14
Пролин	0,27	0,31	0,31	0,27
Валин	0,18	0,20	0,20	0,18
Тиразин	0,14	0,15	0,15	0,14
Цистин	0,02	0,023	0,025	0,025
Треонин	0,13	0,15	0,15	0,13
Глицин	0,06	0,06	0,06	0,06
Изолейцин	0,14	0,16	0,16	0,14
Фенилаланин	0,15	0,15	0,15	0,15
Глутаминовая	0,59	0,64	0,66	0,60
Аспарагиновая	0,22	0,24	0,24	0,22
Суммарно:	2,997	3,267	3,285	3,024

В молоке, обработанном ультрафиолетовым излучением мощностью 20 и 40 Вт при производительности установки 90 л/час, количество МАФАнМ было на порядок выше, чем в пастеризованном, но не превышало санитарную норму. Бактерии группы кишечной палочки и патогенные микроорганизмы в облученном молоке также не обнаруживались. Бактерии группы кишечной палочки (колиформы), патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы *L. Monocytogenes* и *S. Aureus*, в пастеризованном молоке не обнаруживались (табл. 4).

4. Влияние пастеризации и ультрафиолетовой обработки на микробиологические показатели молока

Вид обработки	Режим обработки		Микробиологические показатели					
	мощность, Вт	производительность, л/час	КМАФАнМ		БГКП	Патогенные		
			всего КОЕ/г	в т.ч. бактерий рода <i>Bacillus</i> КОЕ/г		Сальмонеллы в 25 см ³	<i>L. Monocytogenes</i> в 25 см ³	<i>S. Aureus</i> в 1,0 см ³
Пастеризация	-	-	1,2 x 10 ³	5,0 x 10 ²	-	не обнаружено		
УФ обработка	20	90	2,0 x 10 ⁴	1,7 x 10 ³	-	не обнаружено		
УФ обработка	40	90	1,3 x 10 ⁴	1,0 x 10 ³	-	не обнаружено		

Однако следует отметить, что среди МАФАНМ были выявлены споровые бактерии рода *Bacillus* в количестве $5,0 \times 10^2$ КОЕ/г в пастеризованном молоке, $1,7 \times 10^3$ КОЕ/г и $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г в обработанном ультрафиолетовыми лучами молоке при мощности 20 и 40 Вт соответственно.

Отмечено влияние режима и мощности облучения молока и, что для инактивации споровых микроорганизмов необходимы многократно более жесткие режимы как для пастеризации, так и для ультрафиолетовой обработки.

Проведение биологической оценки молока с помощью тест-организма Тетрахимена пириформис показало, что ультрафиолетовая обработка не вызвала заметных изменений в относительной биологической ценности. После тепловой пастеризации относительная биологическая ценность его была на 10% выше, чем сырого молока.

В сыроделии определяют качество молока и его пригодность для производства сыра по характеру образовавшегося сгустка специфическим тестом сычужно-бродильная проба.

Пробы на брожение и сычужно-бродильная характеризуют качественный состав микрофлоры молока. Результат этих проб — один из основных показателей в комплексной оценке сыропригодности молока. По сычужно-бродильной пробе исследуемое молоко-сырье, обработанное УФИ и пастеризованное, соответствовало III классу, по пробе на брожение — I классу.

В опытно-промышленной установке основными источниками потребления энергии являются четыре ртутные лампы бактерицидного УФ излучения общей максимальной электрической мощностью 160 Вт и центробежный насос перекачки молока мощностью 500 Вт при суммарном расходе молока до 100 л/час.

По экономической эффективности ультрафиолетовая обработка молока более чем в три раза выгоднее по сравнению с тепловой пастеризацией.

Выводы:

1. Использование нетепловой обработки молока ультрафиолетовым излучением не приводит к значительным отклонениям от требований к молоку пастеризованному, а в ряде режимов улучшает его биологические и гигиенические свойства; при этом основные параметры молока соответствуют гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности продуктов (СанПин 2.3.2. 1078-01).

2. Наибольший спектр поглощения ультрафиолетового излучения молоком находится в диапазоне длин волн 180-220 нм, а наименьший в диапазоне — 250-370 нм. Наибольшим поглощением энергии излучения обладают белки, меньшим — жир и наименьшим — лактоза. Окно прозрачности для молока находится в спектре УФ-лучей с длиной волны 170 нм.

3. Обработка молока ультрафиолетовыми лучами в режиме 20 Вт не вызвала каких-либо отклонений в органолептических свойствах. При обработке молока в режиме 40 Вт появлялся посторонний запах, присущий запаху омыления жиров, а при пастеризации - запах «гречневой каши».

4. Обработка молока ультрафиолетовыми лучами в режиме 20-40 Вт не оказала влияния на содержание жира, белка, лактозы, сухого вещества, плотность, титруемую кислотность и содержание кетоновых тел в молоке. При пастеризации содержание жира, белка и сухих веществ в молоке было ниже, чем в сыром молоке соответственно на 0,4 %; 0,12 % и 0,6 %.

5. Ультрафиолетовое облучение и пастеризация молока сходно пролонгировали бактерицидную фазу, повышали классность по термостабильности и в 1,3-3 раза снижали содержание соматических клеток.

6. Ультрафиолетовая обработка молока в режиме 20 Вт при производительности УФ-установки 110 л/ч повышала содержание в молоке витамина D₃, при сохранении содержания ретинола, снижении α-токоферола на 10 % и витамина С на 23 %. Снижение производительности УФ-установки при данном режиме облучения приводило, как и при пастеризации, к повышению потерь ретинола и α-токоферола при отсутствии эффекта синтеза витамина D₃.

7. При ультрафиолетовой обработке молока в режиме 20 Вт произошли некоторые изменения в соотношении отдельных жирных кислот в молочном жире. Так, доли миристиновой, линолевой, пентадекановой, пальмитолеиновой несколько увеличились, а доли пальмитиновой, гептадекановой, гептадеценновой и линоленовой - уменьшались. В режиме 40 Вт более значительным изменениям в сторону увеличения подверглись содержание миристиновой, пальмитиновой и пальмитолеиновой кислот, а в сторону снижения – гептадекановой, линолевой, пентадекановой и линоленовой кислот. При пастеризации также произошли изменения в соотношении жирных кислот по сравнению с содержанием их в сыром молоке, но эти изменения значительно различались с их изменением при УФ-обработке. Так, при пастеризации значительно увеличились доли миристиновой и олеиновой кислот, а доли пальмитиновой, гептадекановой, стеариновой, линолевой и пальмитолеиновой - уменьшались.

8. При ультрафиолетовой обработке молока так же, как и при пастеризации, происходило увеличение суммарного содержания аминокислот без изменения их соотношения.

9. При облучении молока ультрафиолетом мощностью 20 – 40 Вт и производительности установки 17 – 63 л/час происходит значительное снижение количество МАФАНМ и БГКП по сравнению со свежееохлажденным молоком. Так, в пастеризованном молоке количество МАФАНМ составило $1,2 \times 10^3$ КОЕ/г при норме по СанПиН 2.3.2.1078-01 п. 1.2.1.2 - $1,0 \times 10^5$. В молоке, обработанном ультрафиолетовым излучением мощностью 20 и 40 Вт при производительности установки 90 л/час, количество МАФАНМ было на порядок выше, чем в пастеризованном, но не превышало санитарную норму. Следует отметить, что среди МАФАНМ были выявлены споровые бактерии рода *Bacillus* в количестве $5,0 \times 10^2$ КОЕ/г в пастеризованном молоке соответственно $1,7 \times 10^2$ КОЕ/г и $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г в обработанном ультрафиолетовыми лучами молоке при мощности 20 и 40 Вт соответственно. БГКП и патогенные микроорганизмы в облученном молоке не обнаруживались.

10. Обработка молока ультрафиолетом в режиме 20 и 40 Вт не оказала влияния на класс сычужно-бродильной пробы, пробы на брожение и не ухудшала относительную биологическую ценность.

11. Ультрафиолетовая обработка молока по сравнению с пастеризацией более чем в три раза снижает удельное потребление электроэнергии, что значительно повышает её экономическую эффективность.

Библиографический список

1. Инихов Г.С. Биохимия молока. – М.: Пищевая промышленность, 1956. – 295 с.
2. Кон С.К. // Молочная промышленность, 1960. – №3. – С.46-47.
3. Ионкина А. // Доклады ТСХА. – М. – 1964. – Вып.95. – С.121-125.

4. Давидов Р.Б., Гулько, Л.Е., Ермакова М.А. Основные витамины в молоке и молочных продуктах. –М.: Пищепромиздат, 1956. –268 с.
5. Wodsak, W. // Nahrung. –1960. –4. –N3. - P. 209-224.
6. Schillam K., Dawson D.A., Roy F.H.B. // Brit. J. Nutrition. –1960. –14. – N3. – P. 403-412.
7. Дьяченко П.Ф. // Молочная промышленность. –1968. – № 8. – С.11-14.
8. Гриневич И.И. // Зоотехния. –1991. –№ 5. – С.76-77.
9. Золотин А.Ю. // Молочная промышленность. –2003. –№ 6. – С.13-15.
10. Каптур З.Ф., Черненко И.В. // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. тем. сборник. – Минск: Ураджай, 1988.- Вып.31. – С.50-54.
11. Коряжнов В.П., Байран А.В., Белоносов В.М. // Ветеринария. – 1967. – № 1. – С.91-93.
12. Опарина Л.Н. Автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1968. –20 с.
13. Опарина Л.Н. // Труды МВА. – М., 1970. –Т.56. – С.83-87.
14. Лукьянович П.А., Марков А.В. // Молочная промышленность. – 2000. – № 10. – С.45-46.

ВПЛИВ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА КОРІВ НА ЙОГО ОРГАНОЛЕПТИЧНІ,
БІОХІМІЧНІ, ГІГІЄНИЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Ю.П. Фомічов, Є.А. Черних, Всеросійський ДНД інститут тваринництва РАСГН
Б.С. Гаврюшенко, ЗАТ «ДЕГА-Інженіринг»

В.Д. Харітонов, Всеросійський НД інститут молочної промисловості

Обробка молока УФ-випромінюванням не вплинула на органолептичні властивості, фізичні показники, на вміст білка й амінокислотний склад, вміст лактози, фосфатази, пероксидази і вітаміну А, але це знижувало вміст жиру і змінювало його жирнокислотний склад, знижувало вміст вітамінів Е і С і підвищувало вміст вітаміну D₃.

RADIATION TREATMENT IMPACT ON COW MILK , ORGANOLEPTIC PROPERTIES,
BIOLOGICAL & ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS.

U.Fomichov, E.Chernih, RSSIA RAAS; B.Gavryushenko, CAF “ДЕГА-Інженіринг”;
V.Haritonov, RSIMP

Treatment of cows milk by UV radiation do not influence on organoleptic properties, protein content and aminoacids composition, the content of lactose, phosphotase, peroxidase and the content of vitamin A, but reduce fat content and influence on its fatly acids composition, reduce the content of vitamins C and E and increase vitamin D₃.