

## Ефект от добавката на куркумин към дажбата на биволици върху мастнокиселинния състав на млякото и на произведеното кисело мляко

Пенчо Пенчев<sup>1\*</sup>, Йорданка Илиева<sup>1</sup>, Силвия Иванова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Земеделски институт – Шумен, бул. Симеон Велики 3, Шумен 9704, Селскостопанска академия, София

<sup>2</sup>Институт по криобиология и хранителни технологии, бул. Черни връх 53, София 1407, Селскостопанска академия, София

\*Кореспонденция: E-mail: pen.penchev@gmail.com

### Резюме

С цел да се проучат промените в мастните киселини на млякото след добавка на куркумин към дажбата и след преработка до кисело мляко (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*) беше проведен експеримент с включени 12 биволици от породата Българска Мурра. Бяха сформирани контролна (n = 6) и експериментална (n = 6) група по аналоговия метод, изравнени по възраст, по стадий на лактация, по млечност и телесното състояние. Периодът на експеримента беше 28 дни, в който Curcumin C3 Complex беше добавян в доза от 50 g на глава на ден. Проби мляко бяха взети на ден 0 и ден 29-и от всяко животно, а киселото мляко беше произведено от сборно мляко за всяка група и за всеки тестови ден. Индивидуалните проби мляко и тези от киселото мляко бяха подложени на липиден анализ. Резултатите показаха, че в сравнение с контролната група в суровото мляко от опитните биволици общите и отделните наситени мастни киселини (НМК) не са се променили, което се отнася и за киселото мляко. Наблюдава се повишена концентрация на ценната C18:1*trans*-11 (ваксенова киселина) и общите трансизомери в суровото мляко след консумацията на куркумин, но след преработка в кисело мляко е налице спад в тези стойности. За доминиращата МНМК олеинова киселина не бяха установени промени. Общите ПНМК се променят по аналогичен начин и в двете групи, докато общите изомери на конюгираната линолова киселина CLA са повлияни отрицателно от добавката на куркумин, въпреки че изомерът C18:2*cis*-9*trans*-11 е подобрен. Обратното се наблюдава в киселото мляко на 29-ия ден – концентрацията на общата CLA е компенсирана, а тази на C18:2*cis*-9*trans*-11 е намалена. Групите n-6 и n-3 киселини се увеличават в суровото мляко от 29-ия ден в двете групи. В резултат съотношението n-6/n-3 има сходно изменение в млякото от двете групи, а след млечнокиселата преработка се влошава в контролната група, но не и в опитната.

**Ключови думи:** биволско мляко, кисело мляко, мастни киселини, куркумин

## Effect of supplementation of curcumin to the diet of buffaloes on the fatty-acid profile of milk and the derivative yoghurt

Pencho Penchev<sup>1\*</sup>, Yordanka Ilieva<sup>1</sup>, Silviya Ivanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Institute – Shumen, 3 Simeon Veliki Blvd., Shumen 9704, Bulgaria  
Agricultural Academy, Sofia

<sup>2</sup>Institute of Cryobiology and Food Technology, Department of Food Technology, 53 Cherni Vrah Blvd., Sofia 1407, Agricultural Academy, Sofia

\*Corresponding author: pen.penchev@gmail.com

**Citation:** Penchev, P., Ilieva, Y., & Ivanova, S. (2022). Effect of supplementation of curcumin to the diet of buffaloes on the fatty-acid profile of milk and the derivative yoghurt. *Zhivotnovadni Nauki*, 59(4), 78-87 (Bg).

### Abstract

With the aim to study the changes in fatty acids of milk after diet supplementation with Curcumin and after dairy processing to yoghurt (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*), 12 Bulgarian Murrah buffaloes were assigned in an experiment. A control (n = 6) and experimental (n = 6) group were allotted by the analogue method, regarding parity, lactation stage, productivity and body condition. The experiment period was 28 days, in which Curcumin C3 Complex was supplemented at a dose of 50 g per capita per day. Test samples of milk were taken on Day 0 and Day 29 from each animal, and yoghurt was produced from the milk pooled per each group per each test day. The individual milk samples and the yoghurt samples were subjected to lipid analysis. The results showed that, in comparison to the control group, in the milk from the experimental buffaloes total and individual saturated fatty acids (SFA) have not changed, which applies also to the yoghurt. There was increased concentration of the valuable vaccenic acid and total trans-isomers in the raw milk after Curcumin consumption, which is obliterated after processing to yoghurt. The dominating MUFA, oleic acid, was found constant. Total PUFA changed similarly in both groups, while total conjugated linoleic acid (CLA) showed to be negatively affected by Curcumin supplementation, though rumenic acid was improved. The opposite was apparent in the yoghurt on Day 29 – total CLA compensated and rumenic decreased. The groups n-6 and n-3 acids showed higher levels in the milk from Day 29 in both groups. Thus the n-6/n-3 was altered similarly in the two groups, while after dairy processing it was worsened in the control group, but not in the experimental.

**Key words:** buffalo milk, Bulgarian yoghurt, fatty acids, Curcumin

### Въведение

Биволското мляко е деликатесен продукт с висока плътност, определяща се не само от по-високото му сухо вещество, но и от по-големия дял на високотопящи се триглицериди (Ramamurthy and Narayanan, 1971; Khan et al., 2019). То притежава характерна приятна миризма, дължаща се на специфичните летливи органични съединения (Moio et al., 1993) и на високите нива на късоверижни мастни киселини (Naydenova, 2005; Güler, 2005). Мастните вещества на биволското мляко са двойно по-високи, но холестеролът е по-нисък, а мастните кълбца са по-големи в сравнение с кравето мляко (Zicarelli, 2004; Islam et al., 2014). То е богато и на суроватъчни про-

теини, калций и по-специално колоиден Са (Nguyen et al., 2014; Islam et al., 2014), които засилват ефекта на пробиотичните бактерии по време на преработката в млечни продукти (Chandan and O'Rell, 2006).

Биволското кисело мляко се характеризира с микроструктура, която определя по-силно изразения синерезисен ефект – прекъсната от големи мастни кълбца, свързваща по-малко протеини и включваща повече серумни пори (Nguyen et al., 2014; Abesinghe et al., 2020). То се отличава и с по-висока титруема киселинност, свързана с по-твърд и гладък коагулум при рязане (Naydenova, 2005).

Въпреки че има критики срещу прекомерното потребление на мляко и млечни продукти поради наситения характер на млечните

липиди (Givens and Shingfield, 2006), те са доминиращ източник на полезната конюгирана линолова киселина (CLA), ваксенова и други мононенаситени и дори някои наситени мастни киселини, като маслена и стеаринова (German, 1999; Lawson et al., 2001; Vargas-Bello-Pérez and Garnsworthy, 2013), Това определя въздействието им против сърдечно-съдови, канцерогенни, атерогенни, затлъстяващи и диабетни състояния и стимулирането на имунната система (Belury, 2002; Parodi, 2004; Dilzer and Park, 2012). Затова важна характеристика на млечния продукт е, какви промени претърпяват липидите му в съответната технология и до каква степен тези незаменими мастни киселини се запазват по време на преработката на млякото.

Куркуминът е едно от природните биоактивни вещества, със свойства, предразполагащи към подобряване на мастнокиселинния профил на храните от животински произход. Той има доказани противовъзпалителни и кокцидиостатични свойства (Tizabi et al., 2014; Varmuzova et al., 2015; Cervantes-Valencia et al., 2016), както и невропротективно и антиоксидантно въздействие върху организма (Gazal et al., 2014; Al-Rubaei et al., 2014), свързани с подобрене на здравния статус и съответно на растежните способности и качеството на яйцата при птици (Zhang et al., 2015; Marchiori et al., 2019; Salah et al., 2019). Опитите за въздействие върху мастнокиселинния профил на млякото и месото чрез добавка на куркумин в дажбата обаче не са много, като има установен ефект при дойни овце (Jaguezeski et al., 2018) и агнета за клане (Cervantes-Valencia et al., 2016; Marcon et al., 2020). При биволи е установен ефектът на фитогенна добавка с негово участие върху микрофлората на търбуха, а от там и върху млечността и мастнокиселинния състав на млякото (Hassan, F. U. et al., 2020).

В този контекст целта на настоящото проучване беше да се анализират промените в мастнокиселинния състав на сурово мляко и на произведеното от него кисело мляко под влияние на добавката на куркумин към дажбата на биволици.

## Материал и методи

За целите на проучването в научно-стопанския опит бяха включени 12 биволици от стадото при Земеделски институт – Шумен. Системата на отглеждане е интензивна, оборно-вързано с двор за разходка.

Дневната дажба включва 18 kg зелена маса, 4 kg пшенична слама и 4 kg комбинирани фуража на глава. Концентратната смеска осигурява 1629 kcal енергия и 96 g смилан протеин и има следния състав: пшеница – 15%, ечемик – 12%, царевица – 56%, пшенични трици – 10%, слънчогледов шрот – 5%, дикалциев фосфат 0,6%, сол – 0,4% и креда – 1%.

Биволиците бяха подбрани да са най-малко на втора лактация и да имат минимална дневна млечност от 8 kg. Бяха сформирани две групи животни по аналоговия метод, изравнени по възраст, стадий на лактация, млечност и телесно състояние – контролна (n = 6) и опитна (n = 6). Към концентратната смеска на опитната група бяха добавяни по 50 g Curcumin C3 Complex на глава на ден в продължение на опитен период от 28 дни.

Вземането на проби беше извършено в ден 0 и ден 29-и от експеримента. Индивидуални проби мляко от 50 g бяха взети от всяко животно от двете групи от сутрешното доене във всеки от двата контролни дни. От взетите допълнително еквивалентни индивидуални проби от 1,5 kg бяха сформирани сборни проби мляко от 12 kg за всяка група за всеки ден на пробовземане.

Сборното мляко е преработено в кисело мляко в лабораторни условия за опитната и контролната група за ден 0 и ден 29 (n = 4). Процесът на преработка включва следните технологични стъпки: пастьоризация на суровото мляко при 85 °C за 15 минути, охлаждане до 43–46 °C и заквасване с 20 ml/L търговска закваска (Apolon-69 ЕООД), включваща *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в съотношение 2:1, ферментация/коагулация за 2,5–3,5 часа при 41–44 °C, охлаждане за 1–2 часа при 20 °C и охлаждане до 2–6 °C при киселинност 75–80 °T.

Липидният анализ на индивидуалните проби от сурово мляко и на сборните от кисело мляко е извършен в лабораторията на Отдел по Хранителни технологии, Институт по криобиология и хранителни технологии, София. Екстракцията на общите липиди е по метода на Rose-Gottlieb, като се използват диетилов етер и петролев етер, последващо метилиране с натриев метилат (CH<sub>3</sub>ONa, Merck, Darmstadt) и сушене с NaHSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O. Метилите естери на мастни киселини бяха анализирани с помощта на газов хроматограф Shimadzu-2010 (Киото, Япония), оборудван с детектор за пламъчна йонизация и автоматична инжекционна система (АОС-2010i). Анализът беше извършен през капилярна колона CP 7420 (100m x 0.25mm i.d., 0.2µm слой, Varian Inc., Palo Alto, CA). Като газ-носител се използва водород. Програмиран е четиристепенен режим на пещта, като първоначалната температура на колоната е 80 °C/min, поддържа се 15 минути, след това се повишава с 12 °C/min до 170 °C и се поддържа 20 минути, последвано от допълнително увеличение от 4 °C/min 186 °C за 19 минути и до 220 °C с 4 °C/min, докато процесът завърши.

Общият спектър на липидния анализ включва 22 наситени мастни киселини (НМК), 24 мононенаситени мастни киселини (МНМК), 20 полиненаситени мастни киселини (ПНМК) и 8 изомера. Съдържанието на отделни мастни киселини и групи мастни киселини беше отчетено в g/100 g общи мастни вещества.

Индексът на атерогенност (IA) е изчислен по уравнението, разработено от Ulbricht и Southgate (1991), включващо нивата на лауриновата (C12:0), миристиновата (C14:0) и палмитиновата (C16:0) киселини, както и на ненаситени мастни киселини (ННМК), както следва:

$$IA = \frac{C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0}{ННМК}$$

Всяка мастна киселина, група мастни киселини или индекс бяха представени с две вариационно статистически средни стойно-

сти ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ) за сурово мляко – от ден 0 за контролната група и от ден 0 за опитната група; две стойности на относителна разлика в сурово мляко на ден 29-и с ден 0 в проценти (M%) за контролната и за опитната група; четири коефициента на изменение на сурово в кисело мляко (CA<sub>y</sub>) – на ден 0 за контролната група и на ден 0 за опитната група, както следва:

$$M\% = 100 \times (M_{29} - M_0) / M_0,$$

където M<sub>0</sub> и M<sub>29</sub> са стойности в суровото мляко съответно от ден 0 и ден 29

CA<sub>y0</sub> = стойност в киселото мляко от ден 0 / стойност в суровото мляко от ден 0,

както и на ден 29 – CA<sub>y29</sub> по аналогичен начин.

## Разултати и обсъждане

В таблица 1 стойностите на M% отразяват изменението в процентно съотношение на мастните киселини в суровото мляко в контролната и опитната група през периода на експеримента. Видно е, че НМК имат, общо взето, сходно изменение в двете групи. Разлики се наблюдават само по отношение на киселините с до 10 въглеродни атома, където има по-голям, макар и не силно изразен, спад в опитната група. Докато общите НМК са непроменени, МНМК и ПНМК са се увеличили в двете групи. За разлика от млякото на контролните животни обаче, при опитната група се наблюдава повишено ниво на ваксеновата киселина. Чувствително повишение в опитната група има и по отношение на общите транс изомери, докато в контролната група то е значително по-малко. Нивата на доминиращата МНМК, олеиновата (C18:1), остават относително постоянни в двете групи.

За разлика от тези наши резултати за увеличението на МНМК в млякото след консумация на куркумин, при овце Jaguezski et al. (2018) установяват, че то се определя основно от повишената концентрация на олеиновата киселина. Освен това, те установяват спад в

**Таблица 1.** Мастнокиселинен състав на сурово мляко (M) в ден 0 ( $\bar{x} \pm SD$ ) и относително изменение в ден 29 (M%), коефициент на изменение на сурово в кисело мляко (Y) в ден 0 ( $CA_{Y0}$ ) и в ден 29 ( $CA_{Y29}$ )

**Table 1.** Fatty-acid composition of milk (M) on test day 0 ( $\bar{x} \pm SD$ ) and relative difference with test day 29 (M%), coefficient of alteration of milk to yoghurt (Y) within test day 0 ( $CA_{Y0}$ ) and within test day 29 ( $CA_{Y29}$ )

Мастна киселина / Fatty acid	Контролна група / Control group				Опитна група / Experimental group			
	Сурово мляко / Milk		Кис. Мляко / Yoghurt		Сурово мляко / Milk		Кис. Мляко / Yoghurt	
	Ден 0 / Day 0	M%	$CA_{Y0}$	$CA_{Y29}$	Ден 0 / Day 0	M%	$CA_{Y0}$	$CA_{Y29}$
C4:0	9,86 ± 1,668	-5,7	0,973	0,923	9,06 ± 0,880	-18,1	0,948	0,948
C8:0	1,275 ± 0,521	+4,2	0,991	0,929	1,170 ± 0,294	-7,3	1,002	0,955
C10:0	1,853 ± 0,647	+6,4	1,085	0,999	1,895 ± 0,519	-7,5	0,993	1,013
C12:0	2,082 ± 0,565	-5,3	1,006	1,025	1,933 ± 0,483	-5,2	1,037	1,058
C14:0	9,79 ± 1,398	-2,9	1,084	1,036	9,32 ± 1,532	-3,9	1,039	1,074
C16:0	31,54 ± 2,051	-0,0	1,046	1,015	30,70 ± 2,922	-0,8	1,034	1,044
C18:0	13,15 ± 1,669	-5,6	0,989	1,044	12,84 ± 2,192	-7,2	0,989	1,053
C18:1*	22,01 ± 1,786	+4,8	1,029	1,063	26,46 ± 4,271	+0,6	0,987	1,011
C18:1t11	0,579 ± 0,160	-26,9	0,663	1,782	0,557 ± 0,268	+30,9	0,648	0,787
∑C18:1t	1,823 ± 0,155	+13,2	0,752	0,614	1,273 ± 0,429	+73,2	1,088	0,615
∑C18:1c	22,32 ± 1,720	+8,1	1,000	1,000	26,59 ± 4,273	+2,4	1,000	1,000
CLAc9t11	0,138 ± 0,0371	+14,5	0,961	0,908	0,128 ± 0,0669	+43,0	1,333	1,112
CLAt10c12	0,0087 ± 0,0065	+690	0,097	0,024	0,0078 ± 0,0055	+224	0,472	0,222
CLAc9,11	0,0291 ± 0,0301	+141	0,301	0,079	0,0391 ± 0,0535	+25,6	0,147	0,015
CLAt9,11	0,0239 ± 0,0269	+0,8	0,038	0,066	0,0381 ± 0,0505	-74,8	0,018	0,031
C18:3n-3	0,180 ± 0,0385	+18,9	1,231	0,816	0,281 ± 0,1683	-4,3	0,779	0,750
C18:3n-6	0,124 ± 0,1872	+92,7	1,426	0,346	0,372 ± 0,2762	-58,3	0,414	1,218
C18:4n-3	0,0136 ± 0,0104	+530	0,126	0,056	0,0097 ± 0,0081	+17,5	0,201	0,334
C20:2n-6	0,0198 ± 0,0166	+108	0,440	0,031	0,0205 ± 0,0234	+156	0,000	0,025
C20:3n-6	0,0231 ± 0,0278	-27,3	2,758	2,848	0,0731 ± 0,0433	-58,7	0,019	1,633
C20:3n-3	0,0685 ± 0,0358	+2,0	0,239	2,203	0,0738 ± 0,0504	+223	0,278	1,606
C20:4n-6	0,0395 ± 0,0451	+78,4	0,317	0,243	0,0232 ± 0,0176	+75,1	0,020	0,103
C20:5n-3	0,0142 ± 0,0083	+99,3	0,287	0,135	0,0302 ± 0,0251	+114	1,019	0,016
C22:2n-6	0,1798 ± 0,2640	-69,5	0,297	0,758	0,0569 ± 0,0480	+16,3	1,630	0,335
C22:5n-3	0,2230 ± 0,4938	-83,5	0,171	0,181	0,0199 ± 0,0331	+302	0,168	0,583
C22:6n-3	0,0394 ± 0,0555	-34,3	0,458	0,129	0,0052 ± 0,0031	+992	0,140	0,000
∑SFA	74,48 ± 2,824	-2,7	1,016	1,004	70,83 ± 3,985	-4,8	1,010	1,028
∑MUFA	26,88 ± 1,612	+6,2	0,968	0,988	30,10 ± 4,435	+6,8	0,990	0,946
∑PUFA	2,569 ± 0,667	+8,4	0,903	0,823	2,753 ± 0,624	+8,2	0,806	0,879
∑CLA	0,1995 ± 0,0381	+60,9	0,718	0,474	0,2129 ± 0,0598	+25,4	0,849	0,788
∑n3	0,538 ± 0,5695	-4,6	0,545	0,550	0,420 ± 0,1603	+45,5	0,624	0,611
∑n6	1,957 ± 0,4002	+4,7	0,971	0,925	2,148 ± 0,4712	+10,4	0,842	0,866
n6/n3	5,640 ± 2,65	-22,6	1,149	1,541	5,781 ± 2,44	-21,3	1,193	1,208
IA	2,483 ± 0,306	-3,3	1,102	1,003	2,182 ± 0,523	-10,4	1,037	1,119

\*∑: C18:1 cis-9, C18:1 trans-12, C18:1 trans-13

M% = 100×(M29-M0)/M0;  $CA_{Y0}$  = Y0/M0;  $CA_{Y29}$  = Y29/M29

палмитиновата киселина, за разлика от константните ѝ стойности в настоящото проучване.

Що се отнася до общото ниво на ПНМК, наблюдава се сходно незначително изменение в двете проучвани групи. Изомерът *C18:2cis-9trans-11* има увеличено ниво на изменение с 43 процента в млякото на опитните биволици в сравнение с 14,5% увеличение в контролната група. Другите изомери на конюгираната линолова киселина (CLA) обаче се увеличават много повече при контролните животни, което се отразява и на общата им сума – 25 процента в опитната група в сравнение с 61 в контролната.

Данните показват, че другите есенциални мастни киселини, групата на n-3, са повлияни положително от добавката на куркумин, показвайки увеличение с 45% в опитната група в сравнение с минималната промяна в контролната в ден 29 в сравнение с ден 0. Това се определя най-вече от голямото положително изменение в опитната група на високо представената C22:5, както и на C22:6 (докозахексаеновата киселина) и C20:3, въпреки покачането на алфа-линоленовата киселина (ALA) и C18:4 в контролната група. По-малки различия се наблюдават между двете групи животни при n-6 киселините. В опитната група е установен значителен спад в гама-линоленовата киселина (GLA) на фона на чувствителното ѝ увеличение при контролните животни. Като резултат n-6/n-3 съотношението се изменя паралелно в двете групи от началото до края на експеримента.

По отношение на атерогенния индекс може да се каже, че няма съществени различия между двете групи, като все пак се наблюдава известно подобрение в суровото мляко от биволиците, консумирали куркумин. Още по-малки са измененията по време на самия млечнокиселинен технологичен процес под въздействие на добавката, както показват коефициентите на изменение и разликите между тях.

От стойностите на коефициентите на изменение на мастните киселини при преработката на млякото в кисело мляко в ден 0

( $CA_{Y_0}$ ) и ден 29 ( $CA_{Y_{29}}$ ) се вижда, че НМК остават непроменени в двата тестови дни както в опитната, така и в контролната група.

Нашето проучване установи относително високо ниво на C4:0 – над 9% от всички МК, като тази концентрация се запазва в киселото мляко. Маслена киселина се съдържа само в мазнини от преживни животни и заедно с мастноразтворимите витамини и CLA има защитна функция срещу различни заболявания (German, 1999; Parodi, 2004). В допълнение, тази късоверижна мастна киселина допринася за специфичния вкус на млечните продукти заедно с каприлова и капринова киселини (Naydenova, 2005; Güler, 2005), за които в настоящото проучване се наблюдават сравнително високи константни стойности. Доказано е, че те притежават също и антивирусни и антибактериални свойства като лауриновата киселина (Sun et al., 2002; Thormar and Hilmarsson, 2007). Последната (C12:0) обаче има доказано атерогенно действие върху организма заедно с миристиновата и палмитиновата киселина (Ulbricht и Southgate, 1991). В произведеното кисело мляко C14:0 запазва концентрацията си от суровото мляко, което съдържание е по-ниско от стойностите, установени в предходно проучване със същото стадо (Piieva et al., 2020).

В сравнение със суровото мляко в киселото мляко от биволи Българска Мурра от две проучвания (Naydenova, 2005; Naydenova et al., 2013) са наблюдавани повишени концентрации на мастни киселини с до 16 въглеродни атома и по-ниски нива на ценните стеаринова и олеинова киселина, което е в несъответствие с нашите непроменени стойности. В съгласие с тези публикации стойностите на общите диени в нашето проучване намаляват в киселото мляко, докато тук се установява също спад на триените и константни стойности на общите МНМК за разлика от увеличените триени и намалените МНМК в цитираните проучвания. В същото време, използвайки технологични методи за удължаване на срока на годност на биволското кисело мляко, Ivanova et al. (2011) са наблюдавали непроменени НМК и по-подобен начин

Gerchev and Mihaylova (2012) при две породи овце.

Съдържанието на общи МНМК в ден 0 в суровото биволско мляко от контролната група е близо 27% от общите липиди и още по-високо в опитната група (30%), а това са високи стойности в сравнение с предишни проучвания със същата порода (Naydenova, 2005; Ilieva et al., 2020). При производството на кисело мляко тези нива се запазват, но в частност ваксеновата киселина в киселото мляко е със значително по-ниско съдържание от суровото мляко в двата тестови дни на опитната група – съответно 64,8 и 78,7% от стойностите в изходната суровина. Така е и в ден 0 на контролната, но в ден 29 нивото на C18:1trans-11 е увеличено със 78,2%. Това заличава подобрието, регистрирано в суровото мляко след консумация на куркумин. За разлика, концентрацията на cis изомерите остава непроменени нива в двата тестови дни в двете групи.

Доминиращият изомер на CLA, C18:2cis-9trans-11 е непроменен в киселото мляко от контролните животни, докато в опитната група се наблюдава увеличение – по-голямо в ден 0 отколкото в ден 29-и. Другите две CLA, C18:2trans-9,11 и C18:2cis-9,11 са силно повлияни от процеса на производство на кисело мляко до такава степен, че не може да се определи влиянието на куркумина. Що се отнася до общото съдържание на CLA, при опитните животни спадът при преработката от сурово в кисело мляко в ден 0 (84,9%) в и ден 29-и (78,8%) е по-малък отколкото в контролната група.

Gutiérrez (2016) определя литературата за ефекта на ферментацията по време на преработка като много противоречива, като обобщава, че съдържанието на CLA в млечнокиселите продукти зависи повече от храненето и отглеждането, отколкото от спецификациите на технологичния процес. Но според някои проучвания (Dave et al., 2002; Ivanova and Angelov, 2017) освен концентрациите на CLA, при закваска с *L. d. bulgaricus* и *S. thermophilus* непроменени остават и ваксенова киселина и n-3 МК независимо от систе-

мата на отглеждане и хранене, което може да се обясни с факта, че тези два пробиотични щама ефективно биосинтезират CLA от линолова киселина (Lin et al., 1999; Yang et al., 2014). Обаче когато температурата се повиши от 90 до 120 °C, според Martínez-Monteagudo and Saldaña (2014), CLA и ваксеновата киселина се оксидират до голяма степен. Но наблюдението на Destailats and Angers (2005) е, че тези промени засягат само отделните изомери, но не и нивото на общата CLA.

В нашето изследване, въпреки че термичният режим на производство е под цитираната долна граница от 90 °C, резултатите са различни от изследванията на тези автори. Те по скоро са в съответствие с наблюдението на Santos-Junior et al. (2012), че CLA драстично намалява в киселото мляко, като в частност спадът на C18:2cis-9trans-11 вследствие на пастьоризацията частично се компенсира с повишаване нивото ѝ по време на ферментацията. Отрицателни промени засягат транс-ваксеновата киселина, която, освен че има антикардиоваскуларни и антиканцерогенни качества (Belury, 2002; Field et al., 2009; Dilzer and Park, 2012), се явява единственият известен прекурсор на C18:2cis-9trans-11, като трансформация на съществени количества от нея се осъществява в приеманата от човека храна (Turpeinen et al., 2002; Field et al., 2009).

При преработката в кисело мляко общите нива на n-3 киселините са с 37,8 до 45,5% по-ниски, каквато тенденция се наблюдава и при най-високо представената n-3, ALA, в опитната група. Драстичен спад в кисело мляко в края на опитния период в опитната група се наблюдава при EPA C20:5 на фона на непромененото ниво на киселото мляко от ден 0, докато в контролната такъв голям спад има и в двата тестови дни. Докато общото съдържание на n-6 киселините остава несъществено променено, впечатление прави гама-линоленовата киселина (GLA), която след силно изразения отрицателен ефект на куркумина в суровото мляко бележи сериозен ръст в опитната група на фона на сериозен спад в контролната. Така в резултат

основно на промените в n-3, съотношението n-6/n-3 запазва нивото си в опитната група, но се влошава в контролната. Нашите резултати са в съответствие с данните на Santos-Junior et al. (2012) за намаляваща ALA, но не и с наблюдаваното от тях повишаване на n-6 мастни киселини в киселото мляко.

Може да се обобщи, че мастните киселини в проучваното сурово биволско мляко положително повлияни от 28-дневна консумация на куркумин се влошават след преработката в кисело мляко, а съответно тези влошени в млякото се подобряват в последвалия технологичен процес. В този контекст нашите резултати са в потвърждение само на наблюдението, че дори и да се постигне определен мастнокиселинен състав на млякото чрез манипулиране на дажбата с фуражни добавки, това не се предава в млечнокиселите продукти (Dave et al., 2002; Ivanova and Angelov, 2017), но не и в потвърждение на преобладаващото становище, че тези полезни за човека мастни киселини остават непроменени по време на млекопреработка с използване на същите клетъчни култури (Destailats and Angers, 2005; Gutiérrez, 2016).

### Изводи

В сравнение с контролната група в суровото мляко от биволиците с добавка на куркумин в дажбата общите и отделните НМК не са се променили, което се отнася и за киселото мляко. Беше наблюдавана повишена концентрация на ценната ваксенова киселина и на общите мононенаситени транс-изомери в суровото мляко след консумацията на куркумин, което е заличено след преработка в кисело мляко. За доминиращата МНМК олеинова киселина, не бяха установени промени. Общите ПНМК се променят по подобен начин и в двете групи, докато общите изомери на CLA са се влошили в контролната група, въпреки че изомерът C18:2*cis-9trans-11* е подобрен. Обратното се наблюдава в киселото мляко от 29-ия ден – концентрацията на общата CLA е компенсирана, а тази на

C18:2*cis-9trans-11* намалена. Както n-3, така и n-6 киселините се увеличават в суровото мляко след консумация на добавката, което определя сходното изменение на съотношението n-6/n-3 в млякото от двете групи. След млечнокиселата преработка това съотношение се влошава в контролната група, но не и в опитната.

### Литература

- Abesinghe, A. M. N. L., Priyashantha, H., Prasanna, P. H. P., Kurukulasuriya, M. S., Ranadheera, C. S., & Vidanarachchi, J. K. (2020). Inclusion of probiotics into fermented buffalo (*Bubalus bubalis*) milk: an overview of challenges and opportunities. *Fermentation*, 6(4), 121.
- Al-Rubaei, Z. M., Mohammad, T. U., & Ali, L. K. (2014). Effects of local curcumin on oxidative stress and total antioxidant capacity in vivo study. *Pak J Biol Sci*, 17(12), 1237-1241.
- Belury, M. A. (2002). Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of action. *Annual review of nutrition*, 22(1), 505-531.
- Cervantes-Valencia, M. E., Alcalá-Canto, Y., Sumano-Lopez, H., Ducoing-Watty, A. M., & Gutierrez-Olvera, L. (2016). Effects of *Curcuma longa* dietary inclusion against *Eimeria* spp. in naturally-infected lambs. *Small Ruminant Research*, 136, 27-35.
- Chandan, R. C., & O'Rell, K. R. (2006). *Principles of yogurt processing* (pp. 195-197). Oxford, England: Blackwell Publishing.
- Dave, R. I., Ramaswamy, N., & Baer, R. J. (2002). Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and probiotic bacteria in milk procured from cows fed different diets. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57(3), 197-202.
- Destailats, F., & Angers, P. (2005). Thermally induced formation of conjugated isomers of linoleic acid. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107(3), 167-172.
- Dilzer, A., & Park, Y. (2012). Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(6), 488-513.
- Hassan, F. U., Ebeid, H. M., Tang, Z., Li, M., Peng, L., Peng, K., ... & Yang, C. (2020). A Mixed Phyto-genic Modulates the Rumen Bacteria Composition and Milk Fatty Acid Profile of Water Buffaloes. *Frontiers in veterinary science*, 7, 569.
- Field, C. J., Blewett, H. H., Proctor, S., & Vine, D. (2009). Human health benefits of vaccenic acid. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(5), 979-991.



- Gazal, M., Valente, M. R., Acosta, B. A., Kaufmann, F. N., Braganhol, E., Lencina, C. L., ... & Kaster, M. P.** (2014). Neuroprotective and antioxidant effects of curcumin in a ketamine-induced model of mania in rats. *European journal of pharmacology*, 724, 132-139.
- Gerchev, G., & Mihaylova, G.** (2012). Fatty acid content of yogurt produced from the milk of sheep reared in central Balkan mountains. *Banat's Journal of Biotechnology*, 3(5), 67-70.
- German, J. B.** (1999). Butyric acid: a role in cancer prevention. *Nutrition Bulletin*, 24(4), 203-209.
- Givens, D. I., & Shingfield, K. J.** (2006). Optimising dairy milk fatty acid composition. In *Improving the fat content of foods* (pp. 252-280). Woodhead Publishing.
- Güler, Z.** (2005). Quantification of free fatty acids and flavor characteristics of Kasar cheeses. *Journal of Food Lipids*, 12(3), 209-221.
- Gutiérrez, L. F.** (2016). Conjugated linoleic acid in milk and fermented milks: Variation and effects of the technological processes. *Vitae*, 23(2), 134-145.
- Ilieva, Y., Ivanova, S., & Penchev, P.** (2020). Fatty-acid composition of buffalo milk under intensive and pasture farming. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 722-732.
- Islam, M. A., Alam, M. K., Islam, M. N., Khan, M. A. S., Ekeberg, D., Rukke, E. O., & Vegarud, G. E.** (2014). Principal milk components in buffalo, holstein cross, indigenous cattle and Red Chittagong Cattle from Bangladesh. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(6), 886-897.
- Ivanova, S., & Angelov, L.** (2017). Assessment of the content of dietary trans fatty acids and biologically active substances in cow's milk and white brined cheese. *Eurasian Union of Scientists*, 42, 18-24.
- Ivanova, S., Miteva, D., Nacheva, I., & Tsvetkov, T.** (2011). Assessment of the effect of the technological processing and the storage term on the fatty acid composition of buffalo yoghurt. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17, 269-276.
- Jaguezski, A. M., Perin, G., Bottari, N. B., Wagner, R., Fagundes, M. B., Schetinger, M. R. C., ... & Da Silva, A. S.** (2018). Addition of curcumin to the diet of dairy sheep improves health, performance and milk quality. *Animal Feed Science and Technology*, 246, 144-157.
- Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Asif, M., Khan, M. K., Din, A., & Ullah, R.** (2019). Triglyceride, fatty acid profile and antioxidant characteristics of low melting point fractions of Buffalo Milk fat. *Lipids in health and disease*, 18(1), 1-11.
- Lawson, R. E., Moss, A. R., & Givens, D. I.** (2001). The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutrition Research Reviews*, 14(1), 153-172.
- Lin, T. Y., Lin, C. W., & Lee, C. H.** (1999). Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. *Food Chemistry*, 67(1), 1-5.
- Marchiori, M. S., Oliveira, R. C., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Ribeiro, Q. M., Wagner, R., ... & da Silva, A. S.** (2019). Curcumin in the diet of quail in cold stress improves performance and egg quality. *Animal Feed Science and Technology*, 254, 114192. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.05.015>.
- Marcon, H., Baldissera, M. D., Furlan, V. J., Wagner, R., Alba, D. F., Molosse, V. L., ... & Da Silva, A. S.** (2020). Curcumin supplementation positively modulates fatty acid profiles in lamb meat. *Small Ruminant Research*, 190, 106141. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106141>
- Martínez-Monteagudo, S. I., & Saldaña, M. D.** (2014). Modeling the retention kinetics of conjugated linoleic acid during high-pressure sterilization of milk. *Food Research International*, 62, 169-176.
- Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., & Addeo, F.** (1993). Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *Journal of Dairy Research*, 60(2), 199-213.
- Naydenova, N.** (2005). *Biological and technological properties of buffalo milk from the Bulgarian Murrah breed in dairy products manufacturing* (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Trakia University, Stara Zagora). (Bg).
- Naydenova, N., Iliev, T., & Mihaylova, G.** (2013). Fatty acids and lipid indices of buffalo milk yogurt. *Agricultural Science and Technology*, 5(3), 331-334.
- Nguyen, H. T. H., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, S. E., & Gras, S. L.** (2014). The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: a comparison with bovine yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 937-953.
- Parodi, P. W.** (2004). Milk fat in human nutrition. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59(1), 3-59.
- Ramamurthy, M. K., & Narayanan, K. M.** (1971). Fatty acid compositions of buffalo and cow milk fats by gas-liquid chromatography (GLC). *Milchwissenschaft*, 26(11), 693-697.
- Salah, A. S., Mahmoud, M. A., Ahmed-Farid, O. A., & El-Tarabany, M. S.** (2019). Effects of dietary curcumin and acetylsalicylic acid supplements on performance, muscle amino acid and fatty acid profiles, antioxidant biomarkers and blood chemistry of heat-stressed broiler chickens. *Journal of thermal biology*, 84, 259-265.
- Santos Júnior, O. O., Pedrao, M. R., Dias, L. F., Paula, L. N., Coro, F. A. G., & De Souza, N. E.** (2012). Fatty acid content of bovine milkfat from raw milk to yoghurt. *American Journal of Applied Sciences*, 9(8), 1300-1306.
- Sun, C. Q., O'Connor, C. J., & Robertson, A. M.** (2002). The antimicrobial properties of milkfat after partial hydrolysis by calf pregastric lipase. *Chemico-biological interactions*, 140(2), 185-198.

**Thormar, H., & Hilmarsson, H.** (2007). The role of microbicidal lipids in host defense against pathogens and their potential as therapeutic agents. *Chemistry and physics of lipids*, 150(1), 1-11.

**Tizabi, Y., Hurley, L. L., Qualls, Z., & Akinfiresoye, L.** (2014). Relevance of the anti-inflammatory properties of curcumin in neurodegenerative diseases and depression. *Molecules*, 19(12), 20864-20879.

**Turpeinen, A. M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D. L., & Griinari, J. M.** (2002). Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *The American journal of clinical nutrition*, 76(3), 504-510.

**Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T.** (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), 985-992.

**Vargas-Bello Pérez, E., & Garnsworthy, P. C.** (2013). Trans fatty acids and their role in the milk of dairy cows. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 40, 449-473.

**Varmuzova, K., Matulova, M. E., Gerzova, L., Cejkova, D., Gardan-Salmon, D., Panhéleux, M., & Rychlik, I.** (2015). Curcuma and Scutellaria plant extracts protect chickens against inflammation and Salmonella Enteritidis infection. *Journal of Poultry science*, 94(9), 2049-2058.

**Yang, B., Chen, H., Gu, Z., Tian, F., Ross, R. P., Stanton, C., Chen, Y. Q., Chen, W., & Zhang, H.** (2014). Synthesis of conjugated linoleic acid by the linoleate isomerase complex in food-derived lactobacilli. *Journal of applied microbiology*, 117(2), 430-439.

**Zhang, J., Hu, Z., Lu, C., Bai, K., Zhang, L., & Wang, T.** (2015). Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(15), 3880-3886.

**Zicarelli, L.** (2004). Buffalo milk: its properties, dairy yield and mozzarella production. *Veterinary research communications*, 28, 127-135.