

巴氏杀菌奶不同处理温度和贮存期内脂肪酸变化规律研究

李云龙, 冀德君, 甘宗辉, 王小龙, 常玲玲, 刘 珊, 刘贤慧, 杨章平*

(扬州大学动物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009)

摘 要: 旨在分析不同的巴氏杀菌温度及贮存时间对牛奶中脂肪酸组成的影响。分别用65℃、30min和85℃、15s两种方法处理原料奶, 并将处理后的巴氏杀菌奶密封放入4℃冰箱贮存, 用气相色谱方法分别检测原料奶和巴氏杀菌奶贮存期间的脂肪酸组成。结果表明, 不同温度处理间各脂肪酸含量变化不显著($P>0.05$)。不同处理温度的牛奶在贮存期间大部分脂肪酸含量变化不显著($P>0.05$), 在65℃、30min处理后牛奶中脂肪酸C₄₀的含量在贮存的第8天显著高于新鲜处理后的含量($P<0.05$)。共轭亚油酸(CLA)在加工处理后和贮存期间含量有所下降, 但变化不显著($P>0.05$)。研究表明了巴氏杀菌方法不影响牛奶中的有益脂肪酸含量, 可以作为生产富含CLA牛奶的有效方法。

关键词: 巴氏杀菌; 牛奶; 气相色谱; 脂肪酸

Fatty Acid Variation of Pasteurized Milk under Different Processing Temperatures and Storage Periods

LI Yun-long, JI De-jun, GAN Zong-hui, WANG Xiao-long, CHANG Ling-ling, LIU Shan, LIU Xian-hui, YANG Zhang-ping*

(Animal Science and Technology College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: This study aimed to analyze the impact of different pasteurization temperatures and storage periods on fatty acid composition of pasteurized milk. Raw milk was pasteurized at 65 °C for 30 min or at 85 °C for 15 s, sealed and then stored at 4 °C. The fatty acid composition of raw milk and pasteurized milk during storage was analyzed by gas chromatography. The results indicated no significant difference in fatty acid composition was present among pasteurized milks treated at different temperature ($P > 0.05$). In addition, the fatty acid composition of pasteurized milk was quite stable during storage. However, the content of fatty acid C₄₀ in pasteurized milk treated at 65 °C for 30 min and stored for 8 d was significantly higher than in raw milk. This might be due to the bacterial proliferation. The content of CLA declined following temperature processing and storage whereas no significant difference was found ($P > 0.05$). This study indicated that pasteurization had no effect on the contents of characteristic fatty acids in the milk. Therefore pasteurization could be used as an effective way to produce milk rich in CLA.

Key words: pasteurization; milk; gas chromatography; fatty acid

中图分类号: TS252.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)13-0029-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201313007

20世纪80年代, 人们在动物的脂肪中发现了共轭亚油酸(CLA)及其同分异构体, 其对人体具有不同的生物活性作用^[1-2]。c9,t11CLA可以减少乳腺癌的发生, 并具有促进生长和抗动脉粥样硬化的作用^[3-4]。t10,c12CLA与体质量的减轻和肌肉的增加有关^[5]。牛奶中含有多种对人体有益的脂肪酸, 其中CLA含量在所有畜产品脂肪酸中的比例是最高的^[6]。在牛奶加热、均质和贮存过程中, 可能存在着上述有益脂肪酸被降解的问题。牛奶生产中常采用巴氏杀菌消毒法。目前国际上通用的巴氏消毒法主要有

两种: 一种是将牛奶加热到62~65℃, 保持30min; 另一种方法将牛奶加热到75~90℃, 保持15~16s^[7]。巴氏杀菌既可以杀死所有的致病菌, 又可较好地保存牛奶的主要营养与天然风味, 但处理后仍存留有耐热性细菌^[8]。Herzallah等^[9]研究了不同处理温度条件下的巴氏杀菌乳和UHT乳中反式脂肪酸和CLA含量的变化, 以及在贮存期间中两种脂肪酸的变化情况。结果发现高温短时间处理并不影响反式脂肪酸的含量, 而低温长时间处理反而显著增加了反式脂肪酸的含量。CLA的含量在低温处理

收稿日期: 2012-05-08

基金项目: 国家“863”计划项目(2008AA10Z144)

作者简介: 李云龙(1982—), 男, 博士研究生, 研究方向为动物源性食品营养与加工工程。E-mail: liyunlong51@163.com

*通信作者: 杨章平(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为动物源性食品营养与加工工程。E-mail: yzp@yzu.edu.cn

时变化不大,反而在高温处理时显著降低。牛奶在贮藏期间反式脂肪酸和CLA含量变化不大。O'Donnell等^[10]研究了巴氏杀菌后普通牛奶和有机牛奶中脂肪酸的变化情况,有机奶在饱和脂肪酸含量上高于普通牛奶,而在不饱和脂肪酸含量上低于普通牛奶,在具有生物活性的脂肪酸如CLA含量上,有机牛奶则较高。本研究将着眼点放在巴氏杀菌法对牛奶中脂肪酸含量的影响,分别采用两种不同巴氏杀菌温度处理牛奶,对比分析牛奶中脂肪酸组分在加工和贮存期间的变化情况,为牛奶的巴氏杀菌处理提供一些参考依据。

1 材料与方法

1.1 原料奶采集与处理

原料奶采自扬州大学实验农牧场当天生产的混合奶样,取一部分原料奶直接检测其脂肪酸组成、细菌数。余下的原料奶分成两部分,一份经过65℃、30min处理,另一部分经85℃、15s处理,并立即检测2种不同处理温度后的牛奶中脂肪酸组成和细菌数,剩余奶样分装到密闭容器中放在4℃冰箱中避光保存,在贮存的第2、4、6、8天依次取出检测上述2个指标。

1.2 牛奶中脂肪酸的检测

脂肪酸的前处理方法参照国标GB/T21676—2008《乳与乳制品脂肪酸的测定 气相色谱法》^[11],选用Agilent HP-88专用脂肪酸甲酯毛细管柱,37种脂肪酸甲酯混标样购自美国Sigma公司,c9,t11CLA甲酯和t10,c12CLA甲酯购自美国Matreya公司,采用程序升温的步骤:初始温度140℃,保持5min,以6℃/min升温到200℃,保持20min,再以2℃/min升温到220℃,保持20min。

1.3 牛奶细菌数的检测

以无菌吸管吸取25mL奶样置于盛有225mL生理盐水的无菌锥形瓶中,充分混匀,制成1:10的样品匀液。用1mL无菌吸管吸取1:10样品液1mL,注于盛有9mL稀释液的无菌试管中,反复吹打使其混合均匀,制成1:100的样品匀液,重复稀释步骤,制备10倍系列稀释液。选择2~3个适宜稀释度的样品匀液,取1mL样品匀液于无菌平皿内,将15~20mL琼脂培养基倾注平皿,并转动平皿使其混合均匀。待琼脂凝固后,将平板翻转,(36±1)℃培养(48±2)h。培养结束后肉眼观察计数。

1.4 脂肪酸组分含量

脂肪酸组分以保留时间定性,以面积百分比法定量。

$$A_i/\% = \frac{A_i}{\sum A_i} \times 100$$

式中: A_i 表示第*i*个组分的峰面积; $\sum A_i$ 表示所有组分的所有峰面积之和。

1.5 统计分析

采用SAS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理温度牛奶细菌数的变化

表1 不同处理温度牛奶贮存期间细菌数($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 1 Total bacteria count in milk treated at different temperatures during storage ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

贮存时间/d	处理温度	
	65℃、30min	85℃、15s
原料乳	1400±100	1400±100
0(立即测定)	73.333±5.774	60.000±10.000
2	93.333±25.166	60.000±26.458
4	120.000±70.000	66.667±20.817
6	380.000±62.450 ^a	80.000±26.458 ^b
8	556.667±45.092 ^A	83.333±11.547 ^B

注:同一行上标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

由表1可知,原料奶在经过65℃、30min和85℃、15s的巴氏杀菌处理后,牛奶中的细菌数明显降低,表明巴氏杀菌是一种有效的灭菌方法,能杀灭牛奶中的大部分有害菌。65℃处理的牛奶在贮存期间细菌数增加明显,而85℃处理的牛奶贮存期间细菌数变化不大,两者在贮存的第6天和第8天中,前者的细菌数含量显著($P < 0.05$)和极显著高于后者($P < 0.01$)。

2.2 不同处理温度牛奶脂肪酸含量的变化

表2 不同处理温度牛奶脂肪酸含量变化规律($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 2 Changes of fatty acids in milk treated at different temperatures ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

脂肪酸	原料乳	处理温度	
		65℃、30min	85℃、15s
C _{4:0}	2.322±0.776	2.357±0.007	2.390±0.143
C _{6:0}	2.022±0.461	2.057±0.009	2.059±0.379
C _{8:0}	1.270±0.317	1.320±0.002	1.323±0.328
C _{10:0}	2.992±0.208	2.993±0.002	2.994±0.227
C _{11:0}	0.090±0.059	0.092±0.030	0.092±0.020
C _{12:0}	3.399±0.322	3.399±0.018	3.400±0.139
C _{13:0}	0.081±0.051	0.084±0.006	0.083±0.009
C _{14:0}	10.054±1.939	10.084±0.046	10.086±0.214
C _{14:1}	0.896±0.309	0.890±0.008	0.889±0.046
C _{15:0}	0.834±0.362	0.834±0.039	0.835±0.146
C _{16:0}	26.537±2.825	26.574±0.068	26.630±2.697
C _{16:1}	1.974±0.398	1.956±0.024	1.950±0.224
C _{17:0}	0.402±0.068	0.402±0.013	0.401±0.031
C _{18:0}	9.854±0.250	9.781±0.123	9.784±0.465
C _{18:1n-7c}	24.988±2.597	24.946±0.069	24.896±0.420
C _{18:2n-6c}	8.297±2.430	8.281±0.143	8.274±1.627
C _{18:3}	0.234±0.138	0.229±0.025	0.219±0.085
C _{20:0}	0.104±0.032	0.103±0.009	0.104±0.006
C _{20:3}	0.073±0.067	0.069±0.006	0.062±0.014
C _{20:4}	0.172±0.091	0.152±0.013	0.145±0.029
C _{22:6}	3.002±0.045	3.002±0.002	2.996±0.162
c9,t11CLA	0.091±0.035	0.090±0.004	0.089±0.012
t10,c12CLA	0.047±0.024	0.044±0.001	0.042±0.010
TVA	0.264±0.01	0.262±0.004	0.259±0.053
总SFA	59.962±2.441	60.076±0.072	60.180±1.142
总MUFA	28.121±3.62	28.057±0.101	27.994±0.634
总PUFA	11.917±1.835	11.868±0.174	11.826±1.699

由表2可知,不同温度处理间各脂肪酸含量变化不显著($P>0.05$)。饱和脂肪酸 $C_{4:0}$ 、 $C_{6:0}$ 、 $C_{8:0}$ 、 $C_{10:0}$ 、 $C_{11:0}$ 、 $C_{12:0}$ 、 $C_{13:0}$ 和 $C_{14:0}$ 的含量随温度的升高而增加,单不饱和和多不饱和脂肪酸 $C_{14:1}$ 、 $C_{16:1}$ 、 $C_{18:1n9c}$ 、 $C_{18:2n6c}$ 、 $C_{18:3}$ 、 $C_{20:3}$ 、 $C_{20:4}$ 、 $C_{22:6}$ 、CLA和反式油酸(TVA)的含量随着温度的升高而降低,总饱和脂肪酸含量随温度升高而上升,总的单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量随温度升高而下降。

2.3 65℃、30min处理后贮存期内脂肪酸含量的变化

表3 65℃、30min巴氏杀菌奶贮存期间脂肪酸含量变化规律($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 3 Changes of fatty acids in milk pasteurized at 65 °C for 30 min during storage ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

脂肪酸	贮存时间/d				
	0(立即测定)	2	4	6	8
$C_{4:0}$	2.354±0.007a	2.456±0.171ab	2.568±0.010ab	2.624±0.212ab	2.687±0.250b
$C_{6:0}$	2.057±0.009	2.069±0.024	2.074±0.009	2.080±0.178	2.094±0.758
$C_{8:0}$	1.320±0.002	1.341±0.034	1.353±0.055	1.373±0.086	1.409±0.131
$C_{10:0}$	2.993±0.002	3.013±0.037	3.028±0.012	3.044±0.145	3.104±0.080
$C_{11:0}$	0.092±0.00	0.101±0.010	0.104±0.011	0.106±0.030	0.107±0.015
$C_{12:0}$	3.399±0.018	3.413±0.007	3.417±0.027	3.425±0.263	3.438±0.481
$C_{13:0}$	0.084±0.006	0.083±0.004	0.080±0.004	0.082±0.015	0.084±0.007
$C_{14:0}$	10.084±0.046	10.071±0.024	10.064±0.950	10.072±0.947	10.079±0.453
$C_{14:1}$	0.893±0.008	0.878±0.032	0.869±0.038	0.871±0.101	0.873±0.103
$C_{15:0}$	0.834±0.039	0.833±0.041	0.831±0.018	0.832±0.056	0.834±0.092
$C_{16:0}$	26.577±0.068	26.542±0.008	26.640±0.827	26.656±1.158	26.655±1.715
$C_{16:1}$	1.956±0.024	1.846±0.214	1.802±0.048	1.795±0.200	1.730±0.185
$C_{17:0}$	0.402±0.013	0.396±0.023	0.388±0.034	0.389±0.026	0.391±0.085
$C_{18:0}$	9.781±0.123	9.891±0.068	9.882±0.087	9.790±2.205	9.681±1.977
$C_{18:1n9c}$	24.946±0.069	24.874±0.182	24.757±1.070	24.753±2.406	24.765±1.165
$C_{18:2n6c}$	8.281±0.143	8.275±0.132	8.263±0.363	8.261±0.968	8.258±1.411
$C_{18:3}$	0.229±0.025	0.218±0.006	0.209±0.008	0.212±0.026	0.210±0.016
$C_{20:0}$	0.100±0.009	0.095±0.017	0.090±0.010	0.093±0.010	0.093±0.006
$C_{20:3}$	0.069±0.006	0.065±0.013	0.062±0.009	0.054±0.011	0.052±0.046
$C_{20:4}$	0.152±0.013	0.148±0.007	0.144±0.012	0.141±0.007	0.138±0.038
$C_{22:6}$	3.002±0.002	3.000±0.003	2.983±0.355	2.949±0.406	2.918±0.637
$c9,t11$ CLA	0.088±0.004	0.087±0.006	0.088±0.012	0.082±0.005	0.084±0.006
$t10,c12$ CLA	0.046±0.001	0.045±0.002	0.044±0.004	0.042±0.011	0.040±0.004
TVA	0.262±0.004	0.260±0.007	0.260±0.015	0.274±0.014	0.276±0.038
总SFA	60.076±0.072	60.304±0.308	60.519±1.629	60.566±2.705	60.656±1.048
总MUFA	28.057±0.101	27.858±0.433	27.688±1.133	27.693±2.152	27.644±1.357
总PUFA	11.868±0.174	11.838±0.125	11.793±0.514	11.741±0.624	11.700±1.081

注:同一行上标小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

由表3可知,短链和中链饱和脂肪酸 $C_{4:0}$ 、 $C_{6:0}$ 、 $C_{8:0}$ 、 $C_{10:0}$ 、 $C_{11:0}$ 和 $C_{12:0}$ 的含量随着贮存时间的延长而升高,其中饱和脂肪酸 $C_{4:0}$ 在贮存到第8天时,其含量与加热处理后立即测定时的含量存在显著差异($P<0.05$)。脂肪酸 $C_{13:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{14:1}$ 、 $C_{15:0}$ 、 $C_{17:0}$ 、 $C_{18:3}$ 和 $C_{20:0}$ 在贮存的第4天时含量最低,脂肪酸 $C_{16:0}$ 和TVA含量在贮存的第2天时含量最低,随着贮存时间的延长含量会有所增加,但是低于立即测定时的含量。不饱和脂肪酸 $C_{16:1}$ 、 $C_{18:1n9c}$ 、 $C_{18:2n6c}$ 、 $C_{20:3}$ 、 $C_{20:4}$ 和 $C_{22:6}$ 的含量随着贮存时间的延长而降

低。共轭亚油酸 $c9,t11$ CLA和 $t10,c12$ CLA的含量在贮存期间差异不显著($P>0.05$)。总的饱和脂肪酸含量呈升高趋势,总的单不饱和和多不饱和脂肪酸含量呈降低趋势,但均未达到显著性差异($P>0.05$)。

2.4 85℃、15s处理后贮存期内脂肪酸含量的变化

表4 85℃巴氏杀菌奶贮存期间脂肪酸含量变化规律($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 4 Changes of fatty acids in milk pasteurized 85 °C for 15 s during storage ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

脂肪酸	贮存时间/d				
	0(立即测定)	2	4	6	8
$C_{4:0}$	2.390±0.143	2.459±0.228	2.573±0.715	2.574±0.189	2.607±0.089
$C_{6:0}$	2.059±0.379	2.071±0.249	2.076±0.809	2.081±0.178	2.084±0.425
$C_{8:0}$	1.323±0.328	1.343±0.300	1.358±0.151	1.363±0.067	1.399±0.079
$C_{10:0}$	2.994±0.227	3.021±1.275	3.035±0.140	3.041±0.101	3.074±0.125
$C_{11:0}$	0.092±0.020	0.103±0.010	0.104±0.011	0.105±0.010	0.106±0.015
$C_{12:0}$	3.400±0.139	3.415±0.363	3.419±0.187	3.422±0.367	3.428±0.191
$C_{13:0}$	0.083±0.009	0.082±0.007	0.081±0.011	0.083±0.010	0.084±0.010
$C_{14:0}$	10.086±0.214	10.078±0.813	10.071±0.985	10.074±1.214	10.079±1.285
$C_{14:1}$	0.889±0.046	0.872±0.087	0.861±0.085	0.867±0.219	0.870±0.103
$C_{15:0}$	0.835±0.146	0.834±0.062	0.834±0.069	0.833±0.107	0.834±0.082
$C_{16:0}$	26.633±2.697	26.700±0.152	26.786±0.790	26.799±1.513	26.739±0.730
$C_{16:1}$	1.950±0.224	1.832±0.093	1.805±0.128	1.775±0.212	1.710±0.136
$C_{17:0}$	0.401±0.031	0.393±0.092	0.382±0.093	0.384±0.121	0.386±0.067
$C_{18:0}$	9.784±0.465	9.775±2.203	9.768±0.987	9.770±1.041	9.778±1.120
$C_{18:1n9c}$	24.896±0.420	24.869±0.659	24.744±0.770	24.748±1.843	24.752±1.434
$C_{18:2n6c}$	8.274±1.627	8.272±1.277	8.259±1.348	8.252±0.653	8.248±0.574
$C_{18:3}$	0.219±0.085	0.212±0.087	0.203±0.048	0.207±0.126	0.208±0.013
$C_{20:0}$	0.101±0.006	0.097±0.010	0.092±0.012	0.093±0.017	0.094±0.016
$C_{20:3}$	0.062±0.014	0.060±0.014	0.056±0.011	0.051±0.012	0.049±0.008
$C_{20:4}$	0.145±0.029	0.141±0.014	0.135±0.021	0.132±0.012	0.129±0.012
$C_{22:6}$	2.995±0.162	2.989±0.120	2.986±0.308	2.967±0.142	2.955±0.220
$c9,t11$ CLA	0.087±0.012	0.085±0.012	0.087±0.013	0.083±0.010	0.083±0.014
$t10,c12$ CLA	0.044±0.010	0.043±0.013	0.041±0.010	0.039±0.009	0.041±0.008
TVA	0.259±0.053	0.254±0.058	0.249±0.050	0.257±0.019	0.263±0.035
总SFA	60.180±1.142	60.371±1.134	60.579±0.879	60.622±1.787	60.692±2.069
总MUFA	27.994±0.634	27.827±0.853	27.659±0.814	27.647±1.433	27.595±1.440
总PUFA	11.826±1.699	11.802±1.293	11.762±1.526	11.731±0.729	11.713±0.827

由表4可知,85℃、15s处理后贮存期内脂肪酸含量的变化规律和65℃、30min处理后较为相似。饱和脂肪酸 $C_{4:0}$ 、 $C_{6:0}$ 、 $C_{8:0}$ 、 $C_{10:0}$ 、 $C_{11:0}$ 和 $C_{12:0}$ 的含量随着贮存时间的延长而升高,但增加的量比65℃、30min处理后低。脂肪酸 $C_{13:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{14:1}$ 、 $C_{17:0}$ 、 $C_{18:0}$ 、 $C_{18:1n9c}$ 、 $C_{18:3}$ 和 $C_{20:0}$ 的含量在贮存的第4天时最低,随着贮存时间的延长含量会有所增加。脂肪酸 $C_{16:0}$ 在贮存第6天时含量最高,在第8天时有所下降。不饱和脂肪酸 $C_{16:1}$ 、 $C_{18:2n6c}$ 、 $C_{20:3}$ 、 $C_{20:4}$ 和 $C_{22:6}$ 的含量随着贮存时间的延长而降低。共轭亚油酸 $c9,t11$ CLA和 $t10,c12$ CLA含量在贮存期间随着时间的延长无显著变化($P>0.05$)。总的饱和脂肪酸含量呈升高趋势,总的单不饱和和多不饱和脂肪酸含量呈降低趋势。各贮存期间含量均未达到显著差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 不同处理温度对脂肪酸含量的影响

脂肪酸由于含有羧基和双键等还原性基团,化学性质易于氧化和酸败,牛奶中的有益脂肪酸成分存在同样的问题^[12]。本实验就巴氏杀菌奶的不同处理温度进行对比,分析其对牛奶中脂肪酸组成的影响,结果发现2种处理温度均对牛奶中各脂肪酸含量无显著影响。这与Herzallah^[9]和Precht^[13]等学者对CLA相关的研究结果一致。可能的原因在于牛乳脂中的脂肪酸与其他成分并存,不同的物质分子之间发生了物理特性上的协同作用增强了抗温度处理的能力,所以乳脂中的脂肪酸比任何一种单一脂肪酸更能耐氧化和酸败,但真正的原因有待于进一步研究。本研究发现牛奶经85℃处理后,饱和脂肪酸特别是低碳饱和脂肪酸的含量比65℃处理后高,而不饱和脂肪酸含量比65℃处理后低,据推测其原因可能是不饱和脂肪酸在加工过程中发生了饱和化,长链脂肪酸分解成短链脂肪酸,变化转化成了饱和脂肪酸,且高温比低温更易促进这一过程的发生。随着温度的升高,c9,t11CLA的含量下降了2%,而t10,c12CLA的含量下降了10%,此变化说明共轭亚油酸中不同异构体对温度的敏感程度不同,c9,t11CLA比t10,c12CLA更能承受高温对其造成的影响,其主要差别是由分子的空间结构不同造成的^[14]。Costa等^[15]的研究同样发现牛奶经低温长时间杀菌和高温短时间杀菌后CLA含量均较原料奶中低,可能的原因是氢过氧化物使CLA发生了分解,而温度促进了这一氧化过程。Lynch等^[16]研究发现UHT牛奶中不饱和脂肪酸的含量会有所损失。刘仕军等^[17]对超高温杀菌牛奶的研究证实了这一观点,120℃以上的高温处理可降低乳脂中总多聚不饱和脂肪酸含量,并且降低了牛乳中易间接使人患高胆固醇疾病的C_{12:0}、C_{14:0}、C_{16:0}等脂肪酸含量。

3.2 贮存时间对脂肪酸含量的影响

Peterson等^[18]研究证实贮存时间对乳脂中共轭亚油酸的含量没有影响。但贮存时间对乳脂中其它脂肪酸的影响并不清楚,并且不同的温度处理后牛奶贮存时间对乳脂中的脂肪酸的影响也不清楚。本研究结果显示牛奶经过65℃、30min和85℃、15s处理后,一些短链和中链饱和脂肪酸如C_{4:0}、C_{6:0}、C_{8:0}和C_{10:0}等的含量随着贮存时间的延长而有所增加,并且牛奶经65℃处理后低碳脂肪酸的增加量普遍比85℃处理后要高。脂肪酸C_{13:0}、C_{14:0}、C_{14:1}和C_{17:0}等的含量在贮存期间出现先下降后升高的现象。而不饱和脂肪酸C_{16:1}、C_{18:2n6c}和C_{20:3}等的含量则呈现下降的趋势。造成上述牛奶脂肪酸变化的原因之一可能是牛奶在经过巴氏消毒后一些脂肪酸获得比较适宜的外界能量,分子内部结构处于比常温下较活跃的状态,导致牛奶在保存时间内脂肪酸自身之间发生了变化,一些

长链脂肪酸和不饱和脂肪酸的双键发生断裂,生成短链脂肪酸;其二就是巴氏杀菌牛奶的灭菌效果不彻底,一些微生物随着时间加速繁殖,本实验研究发现65℃处理后的牛奶在贮存的第6天开始细菌数显著高于85℃处理后的牛奶,造成第8天测定脂肪酸中含有部分微生物脂肪酸,或者是微生物分泌物中含有合成十八碳以下脂肪酸的酶类^[19]。Campbell等^[20]研究结果表明HTST巴氏消毒在2周后显著降低c9,t11CLA、t10,c12CLA和其他次要的CLA异构体,即使是添加维生素E和迷迭香叶等抗氧化剂对CLA异构体的稳定性也没有什么显著的影响。Rodriguez-Alcala等^[21]对6种商品化的乳制品研究表明加工处理并没有影响CLA的含量,但是奶酪在4℃冰箱中放置10周后,CLA总量显著降低。本研究中牛奶经65℃、30min处理后贮存期内c9,t11CLA的含量先升高后下降,t10,c12CLA则始终呈现下降的趋势,这一结果与Shantha等^[22]的报道相一致。

4 结论

牛奶经65℃、30min和85℃、15s两种巴氏杀菌方法处理后,两种处理间各脂肪酸含量变化不显著($P>0.05$)。牛奶在贮存期间大部分脂肪酸含量变化不显著($P>0.05$),仅在65℃、30min处理后,脂肪酸C_{4:0}的含量在贮存第8天时显著高于新鲜处理时的含量。由于85℃、15s处理后的牛奶在贮存期间细菌数增加的比65℃、30min处理后的牛奶少,而且其加热效率也较高,所以可以作为巴氏杀菌奶首选灭菌方法加以实际应用。

参考文献:

- [1] DURGAM V R, FEMANDES G. The growth inhibitory effect of conjugated linoleic acid on MCF-7 cells is related to estrogen response system[J]. Cancer Letters, 1997, 116(2): 121-130.
- [2] KHANAL R C. Potential health benefits of conjugated linoleic acid(CLA): a review[J]. Asian-Aust J Anim Sci, 2004, 17(9): 1315-1328.
- [3] BELURY M A. Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action[J]. J Nutr, 2002, 132(10): 2995-2998.
- [4] MASSO-WELCH P A, ZANGANI D, IP C, et al. Isomers of conjugated linoleic acid differ in their effects on angiogenesis and survival of mouse mammary adipose vasculature[J]. J Nutr, 2004, 134: 299-307.
- [5] GAULLIER J M, HALSE J, HOYE K, et al. Conjugated linoleic acid supplementation for 1 year reduces body fat mass in healthy overweight humans[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2004, 79(6): 1118-1125.
- [6] McGNIE M A, McGNIE M K. Conjugated linoleic acid(CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health[J]. Journal of Animal Science, 2000, 77: 1-8.
- [7] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [8] PEREDA J, JARAMILLO D P, QUEVEDO J M, et al. Characterization

- of volatile compounds in ultra-high-pressure homogenized milk[J]. International Dairy Journal, 2008, 18(8): 826-834.
- [9] HERZALLAH S M, HUMEID M A, AL-ISMAIL K M. Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content[J]. J Dairy Sci, 2005, 88: 1301-1310.
- [10] O'DONNELL A M, SPATNY K P, VICINI J L, et al. Survey of the fatty acid composition of retail milk differing in label claims based on production management practices[J]. J Dairy Sci, 2010, 93: 1918-1925.
- [11] GB/T 21676—2008乳与乳制品脂肪酸的测定 气相色谱法[S].
- [12] PALMQUIST D L, BELULIEU A D. Feed and animal factors influencing milk fat composition[J]. J Dairy Sci, 1993, 76: 1753-1771.
- [13] PRECHT D, MOLKENTIN J, VAHLENDIECK M. Influence of the heating temperature on the fat composition of milk fat with emphasis on *cis*-/*trans*-isomerization[J]. Nahrung, 1999, 43: 25-33.
- [14] 张亚刚, 吾满江·艾力, 文彬. 共轭亚油酸生理活性的能量机理和能量药物[J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2003, 22(1): 37-41.
- [15] COSTA E N, LACERDA E C Q, SANTOS S M S, et al. Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids[J]. J Braz Chem Soc, 2011, 22(11): 2115-2120.
- [16] LYNCH J M, LOCK A L, DWYER D A, et al. Flavor and stability of pasteurized milk with elevated levels of conjugated linoleic acid and vaccenic acid[J]. J Dairy Sci, 2005, 88(2): 489-498.
- [17] 刘仕军, 卜登攀, 王加启. 加工温度及存放时间对富共轭亚油酸牛乳脂脂肪酸的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 266-269.
- [18] PETERSON D G, KELSEY J A, BAUMAN D E. Analysis of variation in *cis*-9,*trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows[J]. J Dairy Sci, 2002, 85: 2164-2172.
- [19] BERNARD J K, CALHOUN M C, MARTIN S A. Effect of coating whole cottonseed on performance of lactating dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1999, 82: 1296-1304.
- [20] CAMPBELL W, DRAKE M A, LARICK D K. The impact of fortification with conjugated linoleic acid (CLA) on the quality of fluid milk[J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 43-51.
- [21] RODRIGUEZ-ALCALA L M, FONTECHA J. Fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomer composition of commercial CLA-fortified dairy products: evaluation after processing and storage[J]. J Dairy Sci, 2007, 90: 2083-2090.
- [22] SHANTHA N C, RAM L N, LEARY J O, et al. Conjugated linoleic acid concentrations in dairy products as affected by processing and storage[J]. J Food Sci, 1995, 60: 695-697.