

丁二酮乳酸乳球菌发酵 对羊奶脂肪酸组成影响分析

齐强强, 褚莹, 丁武*

(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:为研究乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种(*Lactococcus lactis* ssp.*Lactis biovar diacetylactis*) 在单菌发酵, 或与嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*) 和保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*) 混合发酵条件下对羊奶中脂肪酸含量影响情况, 利用气相色谱法进行脂肪酸分析, 结果表明: *L. diacetylactis* 发酵显著提高了羊奶中、短链脂肪酸百分含量, 降低了长链脂肪酸百分含量($p < 0.05$); *L. diacetylactis* 接种量对发酵羊奶成品中脂肪酸组成影响不显著; *L. diacetylactis* 与 *S. thermophilus*、*L. bulgaricus* 混合发酵羊奶中脂肪酸组成不受 *S. thermophilus*、*L. bulgaricus* 影响。因此, *L. diacetylactis* 发酵适用于开发风味良好、营养合理的酮香型羊奶保健品。

关键词: 乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种, 发酵, 气相色谱, 脂肪酸

Effect of *Lactococcus lactis* ssp.*Lactis biovar diacetylactis* fermentation on fatty acid in goat milk

QI Qiang-qiang, CHU Ying, DING Wu*

(College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Goat milk was fermented by pure culture of *Lactococcus lactis* ssp.*Lactis biovar diacetylactis* or mixed cultures of *L. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. The fatty acids of the fermented goat milk were determined by capillary gas chromatography. Results indicated that *L. diacetylactis* could increase the percentage of short- and media- chain fatty acids and decrease the percentage of long-chain fatty acids significantly ($p < 0.05$). The inoculation amount of *L. diacetylactis* had little effect on the fatty acids of fermented goat milk. Besides, the inoculation of *S. thermophilus* and *L. bulgaricus* had no influence on the fatty acids at presence of *L. diacetylactis*. In conclusion, *L. diacetylactis* could be used for manufacture of goat milk dairy with improving flavor and functional properties.

Key words: *Lactococcus lactis* ssp.*Lactis biovar diacetylactis*; fermentation; gas chromatogram; fatty acid

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)09-0085-04

山羊奶营养丰富, 功能独特, 含有200多种营养物质和生物活性物质, 其中脂肪含量尤为丰富^[1]。羊乳中短链脂肪酸(SCFA)含量大约高出牛乳1倍, 其中癸酸和辛酸含量比牛奶高出3~5倍^[2], SCFA能够抑制胆固醇沉积、预防和治疗肠功能紊乱及胆结石、冠心病、膀胱纤维变性等疾病, 并且还可以调节肠道菌群、维持体液和电解质平衡^[3]; 羊乳中的单不饱和脂肪酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)和一些中链脂肪酸(MCFA)对人体健康, 特别是对心血管疾病是有益的^[4], 乳中MCFA也有减肥功效, 被人体吸收后直

接通过肝门静脉被运往肝脏, 再经 β -氧化作用快速代谢进而促进能量消耗, 达到降低体重和体脂含量等作用^[5]。然而, 乳中的一些SCFA包括己酸、辛酸、癸酸和4-乙基辛酸和4-甲基辛酸一些支链脂肪酸等是引起羊奶膻味的重要物质^[6-8]。乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种是产香型菌, 它能利用柠檬酸代谢生成丁二酮、CO₂和其他一些物质, 赋予发酵乳特殊风味。近年来, 羊奶及其制品凭借较高营养价值而备受热捧, 但其自身的膻味仍然限制着羊奶市场的进一步开发, 因此, 羊奶除膻技术, 特别是生物除膻, 如酮香型酸奶的研制, 已成为当前国内的研究热点^[9-11], 然而, *L. diacetylactis* 发酵对羊奶制品风味的改善机理仍无定论, 关于*L. diacetylactis* 发酵羊奶中脂肪酸组成特点及其对羊奶制品风味、营养的影响等研究更是少见报道。本工作拟将*L. diacetylactis* 按不同接种量进行单菌发酵, 或与恒量的嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌混合

收稿日期: 2011-08-15 * 通讯联系人

作者简介: 齐强强(1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事畜产品加工和食品安全研究。

基金项目: 公益行业科研专项经费项目(3-45); 陕西省攻关项目(K331021103)。

发酵制得发酵羊奶,利用气相色谱法测得各样品的脂肪酸组成并加以比较分析,以得出*L.diacetylactis*发酵对羊乳制品中脂肪酸组成的影响,为研究开发风味佳、营养高的发酵羊乳制品提供实验科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜羊奶 取自西北农林科技大学西农撒能奶山羊原种场畜牧基地;嗜热链球菌、德氏保加利亚乳杆菌、乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种 均取自本实验室;脂肪酸甲酯标准物质 美国Supelco公司;甲醇、正己烷、氢氧化钾甲醇溶液(0.5mol/L)、焦性没食子酸甲醇溶液(质量比为10%) 色谱纯;氯仿 分析纯;三氟化硼甲醇溶液(质量分数为14%) 上海安谱科学仪器有限公司。

GC2014气相色谱仪 配有氢火焰离子化检测器(FID)及岛津气相色谱工作站,日本岛津公司;水浴锅,低速离心机KDC-40,低速离心机SC-2546。

1.2 实验方法

1.2.1 发酵羊奶制作

1.2.1.1 *L.diacetylactis*单菌发酵羊奶制作 原料奶→检验→标准化→巴氏杀菌(65℃,30min)→加糖(添加量为8%)→均质→接种(*L.diacetylactis*接种量为0(对照1)、0.5%、1%、2%、3%、4%)→发酵(30℃,发酵12h)→冷藏后熟(4℃,18h)→成品(待用)

1.2.1.2 *L.diacetylactis*混菌发酵羊奶制作 原料奶→检验→标准化→巴氏杀菌(65℃,30min)→加糖(添加量为8%)→均质→接种(*S.thermophilus*,*L.bulgaricus*)接种量均为1%,*L.diacetylactis*为0%(对照2)、0.5%、1%、2%、3%、4%)→发酵(38℃,发酵12h)→冷藏后熟(4℃,18h)→成品(待用)

1.2.2 样品制备

1.2.2.1 脂肪提取 取发酵羊乳成品2.4mL于50mL离心管中,加入1.6mL蒸馏水、10mL甲醇和5mL氯仿,摇匀。再加入蒸馏水和氯仿各5mL,振荡2min,以3500r/min离心10min,取下层氯仿层于烧瓶中,65℃水浴蒸干备用^[12-13]。

1.2.2.2 脂肪酸甲酯化 向1.2.2.1中制得的脂肪浓缩物中加入0.25mL焦性没食子酸甲醇溶液,继续65℃水浴浓缩干燥,然后加入2.5mL氢氧化钾甲醇溶液,置于(80±1)℃的水浴上回流5~10min。再加入1.5mL

的三氟化硼甲醇溶液,继续回流15min,然后将烧瓶中的液体移入15mL的离心管中,分别用1mL饱和氯化钠溶液清洗烧瓶三次,合并饱和氯化钠溶液于离心管,加入2.5mL正己烷,振摇后,以4000r/min离心10min,取上清液经微滤后,供气相色谱仪测定^[13]。

1.2.3 GC检测条件^[14] 石英毛细柱(DB-17 30m×0.25mm×0.25μm);柱箱升温程序:初始温度140℃,保持5min,以4℃/min升至240℃,保持15min;进样口温度为260℃;检测器温度为280℃;柱前压(载气N₂为100kPa,H₂为75kPa,空气为50kPa,氮总压为400kPa);进样量1μL,分流比为30:1。

1.2.4 数据处理 利用DPS(7.0.5.8)软件进行统计分析。各组数据采用Tukey法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 发酵羊奶短链脂肪酸百分含量分析

由表1可知,羊奶经*L. diacetylactis*单菌发酵后SCFA及其总量显著高于对照1(p<0.05);与对照2相比,羊奶经*L. diacetylactis*和*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*混合发酵后,SCFA含量变化基本不显著;另外,单菌发酵奶或混菌发酵羊奶中各SCFA(C4除外)及Σ(C4~C10)百分含量均不受*L. diacetylactis*接种量(0.5%~4%)的影响,且当*L. diacetylactis*接种量相同时,两种发酵奶的SCFA基本无显著差异。

2.2 发酵羊奶中链脂肪酸百分含量分析

从表2可看出,除C15外,羊奶经*L. diacetylactis*单菌发酵后MCFA及其总量显著高于对照1(p<0.05);与对照2相比,羊奶经*L. diacetylactis*和*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*混合发酵后MCFA变化不显著;另外,*L. diacetylactis*接种量(0.5%~4%)对两种发酵奶中MCFA及Σ(C11~C15)含量均无显著影响,与SCFA变化一致,并且当*L. diacetylactis*的接种量相同时,单菌发酵奶与混菌发酵奶中MCFA含量差异不大。

2.3 发酵羊奶长链脂肪酸百分含量分析

由表3可知,羊奶经*L. diacetylactis*单菌发酵后C18:1及Σ(C16~C18)含量显著低于对照1(p<0.05),其它基本无变化;与对照2相比,*L. diacetylactis*接种量为0.5%、4%的混菌发酵羊奶中C18:0显著升高,C18:1含量显著降低,并且*L. diacetylactis*接种量对两种发酵奶中C18:0、C18:1的影响较大,对其它LCFA及

表1 *L. diacetylactis*对发酵羊奶短链脂肪酸含量的影响分析表
Table 1 Effect of *L. diacetylactis* fermentation on SCFA of goat milk dairy

组别	<i>L. diacetylactis</i> 接种量(%)	C4	C6	C8	C10	Σ(C4~C10)
单菌发酵羊奶	0(对照1)	0 ^c	1.20 ^a ±0.00	1.72 ^b ±0.02	6.21 ^b ±0.07	9.13 ^b ±0.09
	0.50	0 ^c	1.20 ^a ±0.19	2.13 ^{ab} ±0.32	8.23 ^a ±0.96	11.57 ^a ±1.47
	1	0.43 ^a ±0.00	1.93 ^a ±0.05	2.52 ^a ±0.01	8.38 ^a ±0.15	13.27 ^a ±0.21
	2	0.45 ^a ±0.02	1.84 ^{ab} ±0.03	2.49 ^a ±0.01	8.55 ^a ±0.01	13.33 ^a ±0.04
	4	0.46 ^a ±0.02	1.61 ^{abc} ±0.01	2.28 ^a ±0.00	8.13 ^a ±0.03	12.47 ^a ±0.01
混菌发酵羊奶	0(对照2)	0.46 ^a ±0.02	1.46 ^{bc} ±0.23	2.33 ^a ±0.24	8.19 ^a ±0.32	12.44 ^a ±0.31
	0.50	0.32 ^b ±0.02	1.40 ^a ±0.03	2.11 ^{ab} ±0.03	8.03 ^a ±0.06	11.85 ^a ±0.14
	1	0.38 ^{ab} ±0.04	1.43 ^b ±0.03	2.01 ^{ab} ±0.00	7.68 ^a ±0.02	11.49 ^a ±0.08
	2	0 ^c	1.43 ^b ±0.12	2.38 ^a ±0.13	8.53 ^a ±0.02	12.34 ^a ±0.27
	4	0.41 ^a ±0.01	1.32 ^a ±0.03	2.00 ^{ab} ±0.05	7.85 ^a ±0.18	11.59 ^a ±0.24

注:同一列中标注不同上标小写字母(a, b, c, d)表示差异显著(p<0.05);各脂肪酸的量均为百分含量;结果表示=平均值±标准偏差,平行次数n=3;表2、表3同。

表2 *L. diacetylactis*对发酵羊奶中链脂肪酸含量的影响分析表
Table 2 Effect of *L. diacetylactis* fermentation on MCFA of goat milk dairy

组别	<i>L. diacetylactis</i> 接种量(%)	C11	C12	C13	C14	C15	∑(C11~C15)
单菌发酵羊奶	0(对照1)	0 ^b	3.06 ^b ±0.02	0 ^b	8.00 ^b ±0.14	0.78 ^a ±0.01	11.84 ^b ±0.17
	0.50	0 ^b	3.78 ^a ±0.30	0 ^b	8.88 ^a ±0.55	0.80 ^a ±0.04	13.46 ^a ±0.89
	1	0.07 ^a ±0.00	3.85 ^a ±0.04	0.10 ^a ±0.03	9.14 ^a ±0.05	0.86 ^a ±0.05	14.01 ^a ±0.17
	2	0.07 ^a ±0.00	3.74 ^a ±0.00	0.07 ^a ±0.00	8.86 ^a ±0.02	0.83 ^a ±0.02	13.57 ^a ±0.01
	4	0.06 ^a ±0.00	3.55 ^a ±0.02	0.09 ^a ±0.03	8.82 ^a ±0.09	0.83 ^a ±0.00	13.35 ^a ±0.05
混菌发酵羊奶	0(对照2)	0.06 ^a ±0.00	3.72 ^a ±0.08	0.08 ^a ±0.01	8.94 ^a ±0.01	0.85 ^a ±0.01	13.65 ^a ±0.05
	0.50	0.07 ^a ±0.01	3.70 ^a ±0.02	0.07 ^a ±0.00	9.06 ^a ±0.03	0.83 ^a ±0.01	13.73 ^a ±0.01
	1	0.06 ^a ±0.00	3.66 ^a ±0.01	0.07 ^a ±0.00	9.12 ^a ±0.07	0.83 ^a ±0.01	13.75 ^a ±0.09
	2	0.07 ^a ±0.00	3.84 ^a ±0.01	0.07 ^a ±0.00	9.20 ^a ±0.09	0.85 ^a ±0.01	14.03 ^a ±0.10
	4	0.06 ^a ±0.00	3.60 ^a ±0.09	0.07 ^a ±0.00	8.93 ^a ±0.14	0.90 ^a ±0.06	13.57 ^a ±0.15

表3 *L. diacetylactis*对发酵羊奶长链脂肪酸含量的影响分析表
Table 3 Effects of *L. diacetylactis* fermentation on LCFA of goat milk dairy

组别	<i>L. diacetylactis</i> 接种量(%)	C16	C17	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	∑(C16~C18)
单菌发酵羊奶	0(对照1)	27.66 ^a ±0.32	0.93 ^a ±0.02	13.23 ^{bc} ±0.36	25.94 ^a ±0.13	3.85 ^a ±0.01	0.55 ^a ±0.06	72.15 ^a ±0.86
	0.50	25.17 ^b ±1.15	0.97 ^a ±0.24	10.08 ^d ±0.07	22.83 ^{bc} ±0.34	3.83 ^a ±0.79	0.94 ^a ±0.65	63.82 ^c ±0.22
	1	26.85 ^{ab} ±0.02	0.88 ^a ±0.02	11.19 ^{cd} ±0.31	23.23 ^b ±0.16	3.58 ^a ±0.02	0.57 ^a ±0.00	66.30 ^{bc} ±0.16
	2	26.99 ^{ab} ±0.01	0.88 ^a ±0.01	12.68 ^{bcd} ±0.55	21.68 ^{bcd} ±0.50	3.51 ^a ±0.00	0.58 ^a ±0.02	66.33 ^{bc} ±0.09
	4	27.45 ^a ±0.19	0.88 ^a ±0.01	16.37 ^a ±0.95	19.83 ^{bc} ±0.70	3.55 ^a ±0.01	0.56 ^a ±0.01	68.64 ^b ±0.42
混菌发酵羊奶	0(对照2)	27.36 ^a ±0.37	0.88 ^a ±0.01	12.97 ^{bcd} ±1.77	22.34 ^{bc} ±0.78	3.46 ^a ±0.04	0.57 ^a ±0.01	67.58 ^b ±1.43
	0.50	27.25 ^a ±0.02	0.85 ^a ±0.01	16.73 ^a ±0.47	19.12 ^a ±0.33	3.77 ^a ±0.11	0.65 ^a ±0.09	68.36 ^b ±0.37
	1	27.25 ^a ±0.20	0.92 ^a ±0.08	15.50 ^{ab} ±0.43	21.23 ^{cd} ±0.14	3.78 ^a ±0.05	0.58 ^a ±0.00	69.26 ^{ab} ±0.46
	2	27.55 ^a ±0.41	0.87 ^a ±0.02	11.89 ^{cd} ±0.27	23.32 ^b ±0.81	3.55 ^a ±0.04	0.58 ^a ±0.02	67.76 ^b ±0.95
	4	27.34 ^a ±0.56	0.88 ^a ±0.00	16.84 ^a ±0.91	18.67 ^a ±0.12	3.64 ^a ±0.02	0.62 ^a ±0.04	67.98 ^b ±1.63

∑(C16~C18)几乎无影响,可能是因为*L. diacetylactis*、*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*等乳酸菌对乳中不饱和脂肪酸有氢化作用,使C18:1转化为C18:0,当*L. diacetylactis*接种量为1%或2%时菌种间的拮抗作用抑制了生物氢化的进行^[15]。

3 讨论

从总体来看,羊奶经*L. diacetylactis*,或*L. diacetylactis*、*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*混和发酵后,乳中∑(C4~C10)、∑(C11~C15)显著升高,与Sallami L的结论一致^[16],∑(C16~C18)显著降低,这可能是因为发酵乳中脂蛋白酯酶(LPL)对甘油三酯(TG)sn-3位上的SCFA、MCFA是优先脂解的^[17],使其占总脂肪酸的百分含量显著提高,相应的LCFA百分含量显著降低,这有利于提高羊乳的吸收率和保健功能,同时也证实了酮香型羊酸奶的除膻机理是通过发酵产生的香味物质丁二酮对不良风味的掩盖作用,而非通过降低引起膻味的中、短链脂肪酸含量实现的,与寇晓虹^[9]得出相同结论。

*L. diacetylactis*接种量(0.5%~4%)对两种发酵奶的脂肪酸含量影响不大,可能原因是不同量的*L. diacetylactis*生长12h后细菌已经过迟缓期、对数期后达到了稳定期^[17],菌体数目基本一致,酯酶活性也无显著差异。

*L. diacetylactis*接种量相同的*L. diacetylactis*单菌发酵乳和混合发酵乳相比,各类脂肪酸含量基本无显著差异,可能是因为*L. diacetylactis*、*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*混和发酵一段时间后,*L. diacetylactis*产生的nisin Z不断积累,抑制了*S. thermophilus*、*L. bulgaricus*的生长,*L. diacetylactis*成为优势菌^[18-19],使

混合发酵奶中的酯酶活性与*L. diacetylactis*单菌发酵奶中酶活差异不大。

4 结论

乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种乳酸菌发酵能显著提高羊奶中、短链脂肪酸含量,降低长链脂肪酸含量,且接种量对各脂肪酸百分含量影响不大,这有利于提高羊乳的吸收率和保健功能,为酮香型发酵羊奶的营养改良提供参考。

乳酸乳球菌乳酸亚种丁二酮变种与嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌混合发酵,羊奶中脂肪酸含量不受嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌等乳酸菌的影响,保证了酮香型发酵羊奶的风味优势,可与其他乳酸菌种配合应用于产香发酵乳制品的生产。

参考文献

- [1] 曹斌云,罗军,姚军虎,等.山羊奶的营养价值与特点[J].畜牧兽医杂志,2007,26(1):49-50.
- [2] 冯芝,罗永康.山羊奶脱膻技术的研究[J].中国乳业,2008(5):48-49.
- [3] 葛武鹏,李元瑞,等.牛、羊乳及其制品的脂肪酸组成分析[J].西北农林科技大学学报,2008,36(7):173-178.
- [4] GFW Haenlein. Goat milk in human nutrition[J]. Small Ruminant,2004,51(2):155-163.
- [5] Aoyama Tosiaki, Nosaka Nosaka, Kasai Michio. Research on the nutritional characteristics of medium-chain fatty acids[J]. Med Invest,2007,54(3-4):385-388.
- [6] HA JK, Lindsay RC. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases[J].

(下转第91页)

梅叶提取物与盐或糖具有协同抑菌作用的结论一致,原因可能是当NaCl达到一定浓度,能够影响微生物生长的渗透压,从而抑制细菌的生长。

表7 盐浓度对提取物抑菌活性的影响

Table 7 Effect of sodium chloride on antibacterial activity of 70% ethanol extract from *Morus alba* L.

NaCl浓度(g/100mL)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	对照
MIC(mg/mL)	2.5	2.5	2.5	1.25	1.25	2.5

3 结论

5种溶剂桑叶提取物对5种常见食源性污染菌具有不同的抑制作用,其中以70%乙醇提取物的抑菌效果最好,其对金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的MIC均为2.5mg/mL;对大肠杆菌、沙门氏菌、普通变形杆菌的MIC均为10mg/mL。

热处理和紫外线照射对70%乙醇桑叶提取物的抑菌活性无明显影响;随着介质pH的增大,提取物抑菌活性呈下降趋势;蔗糖和氯化钠对提取物的抑菌活性具有一定的增效作用。由此可见,桑叶抑菌活性成分具有良好的稳定性,即使经过食品加工中常见的热处理和紫外杀菌,也可保持良好的抑菌性能。

本文主要考察了桑叶提取物的抑菌活性及其稳定性,而对于其中发挥主要抑菌活性的物质组成还未能明确。本课题组下一步将进行桑叶主要抑菌活性物质的分离纯化与结构分析研究,从而明确抑菌的物质基础。

参考文献

- [1] 中国医学科学院药物研究所. 中药志[M]. 北京:人民卫生出版社,1960.
- [2] 杨海霞,朱祥瑞,陆洪省,等. 桑叶保健制品开发利用研究进展[J]. 科技通报,2003,19(1):72-76.
- [3] 国家药典委员会. 中国药典:一部[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

(上接第87页)

- [4] Dairy Science,1993,76(3):677-690.
- [7] Alonso L,Fontecha J,Lozada L,et al. Fatty acid composition of caprine milk:major,branched chain and trans fatty acids[J]. Dairy Science,1999,82(5):878-884.
- [8] Eknas M,Havrevoll O,Vilden H,et al. Fat content,fatty acid profile and off-flavours in goats milk-effects of feed concentrates with different fat sources during the grazing season[J]. Animal Feed Science and Technology,2009,152(1-2):112-122.
- [9] 寇晓虹,付俊淑,涂崔,等. 酮香型羊酸奶的研制及与牛酸奶风味物质的比较[J]. 食品工业科技,2010,31(4):231-234.
- [10] 虎砚颖,黄艾祥. 酮香型山羊奶酸奶的研制[J]. 乳品加工,2005(3):50-53.
- [11] 李静,许晓曦. 羊奶膻味脂肪酸代谢调控研究[J]. 食品工业科技,2010(4):402-404.
- [12] 李静,邓泽元,范亚苇,等. 几种乳制品中脂肪酸的特点[J]. 食品工业科技,2007,28(11):221-223.
- [13] 章银良,张侠,王德芝,等. 食品检验教程[M]. 北京:化学工业出版社,2006:248-249.
- [14] 中华人民共和国卫生部. GB5413.27-2010,婴幼儿食品

社,2005.

- [4] 周吉银,王稳,周世文,等. 桑的不同药用部位药理作用研究进展[J]. 中国新药与临床杂志,2009,28(16):895-898.
- [5] 樊黎生. 桑叶抑菌效果的探讨[J]. 天然产物研究与开发,2001,13(4):30-32.
- [6] 韩涛,姚磊,李丽萍,等. 桑叶提取物抑菌作用的研究[J]. 生物学杂志,2005,22(6):21-24.
- [7] 万京华,章晓联,辛善禄. 鸭跖草的抑菌作用研究[J]. 公共卫生与预防医学,2005,16(1):25-27.
- [8] Mathabe M C, Nikolova R V, Lall N, et al. Antibacterial activities of medicinal plants used for the treatment of diarrhoea in Limpopo Province,South Africa[J]. Journal of Ethnopharmacology,2006,105:286-293.
- [9] Amoo S O, Ndhala A R, Finnie J F, et al. Antibacterial, antifungal and anti-inflammatory properties of *Burchellia bubalina* [J]. South African Journal of Botany,2009,75:60-63.
- [10] Yasunaka K,Abe F,Nagayama A,et al. Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and pure coumarins and xanthenes [J]. Journal of Ethnopharmacology,2005,97:293-299.
- [11] 王海涛. 大豆异黄酮的抑菌活性及其机制的研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2009.
- [12] 常丽新,贾长红,高曼,等. 丁香叶黄酮的抑菌作用研究[J]. 食品工业科技,2010,31(10):126-128.
- [13] 张传军,刘超,姜晓坤. 薤白乙醇提取物的抑菌特性[J]. 食品科学,2011,32(5):119-122.
- [14] 董周永. 石榴果皮提取物抑菌活性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [15] 梁薇,梁莹,应惠芳. 桑叶水提取物及醇提取物抗菌作用的研究[J]. 时珍国医国药,2005,16(8):753.
- [16] 胡静丽. 杨梅叶提取物抑菌作用的研究[D]. 杭州:浙江大学,2002.

乳品中脂肪酸的测定[S].

- [15] Durmic Z,McSweeney CS,Kemp GW,et al. Australian plants with potential to inhibit bacteria and processes involved in ruminal biohydrogenation of fatty acids[J]. Animal Feed Science and Technology,2008,145(1-4):271-284.
- [16] Sallami L, Kheadr EE, Fliss I, et al. Impact of autolytic, proteolytic,and nisin-producing adjunct cultures on biochemical and textural properties of cheddar cheese[J]. Dairy Science,2004,87(6):1585-1594.
- [17] 王玉华,郑明珠,关晓玲,等. 2株风味乳酸菌的筛选及其生长特性的研究[J]. 中国乳品工业,2005,133(11):7-10.
- [18] Dalmaso M, Prestoz S, Rigobello V, et al. Behavior of *Lactococcus lactis* subsp *lactis* biovar. diacetylactis in a four *Lactococcus* strain starter during successive milk cultures [J]. Food Science and Technology International,2008,14(6):469-477.
- [19] Grattepanche F, Audet P, Lacroix C. Milk fermentation by functional mixed culture producing nisin Z and exopolysaccharides in a fresh cheese model[J]. International Dairy Journal,2007,17(2):123-132.