

发酵羊乳中乳酸菌低产粘菌株的筛选

乌素, 张富新*, 苏彤, 乔星

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西西安 710062)

摘要:对从商业乳酸菌发酵剂分离纯化的 11 株保加利亚乳杆菌和 11 株嗜热链球菌在发酵羊乳中的粘度进行了研究。结果表明, 保加利亚乳杆菌 *L.b*-124 菌株和 *L.b*-346 菌株、嗜热链球菌 *S.t*-222 菌株和 *S.t*-346 菌株具有较低的产粘能力, 凝乳时间也较短; 将 *L.b*-346 菌株与 *S.t*-346 菌株按杆菌和球菌 1:1 比例混合后在 43℃ 下发酵羊乳时, 可获得较低的发酵粘度。

关键词:乳酸菌, 发酵羊乳, 低粘度

Screening low-viscosity strains of lactic acid bacteria in fermented goat milk

WU Su, ZHANG Fu-xin*, SU Tong, QIAO Xing

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The viscosity of 11 *Lactobacillus bulgaricus* strains and 11 *Streptococcus thermophilus* strains from the commercial starter cultures was studied in fermented goat milk. The results showed that *Lactobacillus bulgaricus* *L.b*-124 strain and *L.b*-346 strain, *Streptococcus thermophilus* *S.t*-222 strain and *S.t*-346 strain had lower visco-production capacity and shorter coagulation time. When *L.b*-346 strain and *S.t*-346 strain were mixed in 1:1 ratio and fermented in goat milk at 43℃, the lower viscosity was obtained.

Key words: lactic acid bacteria; fermented goat milk; low-viscosity

中图分类号: TS252.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)08-0207-04

羊乳营养价值较高, 富含蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质以及多种维生素^[1], 具有乳脂肪球和酪蛋白胶粒较小的特点^[2], 易于人体吸收, 被誉为“乳中精品”^[3], 深受消费者欢迎。羊乳适宜于生产各种发酵乳制品^[4], 保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌是最常用的乳酸菌菌种^[5], 在发酵过程中, 乳酸菌经过分解乳中的乳糖产生乳酸, 使乳的 pH 降低, 能有效抑制肠道中有害微生物生长繁殖, 发酵乳中含有大量的活性乳酸菌也对人体具有很好的营养保健作用^[6], 同时羊乳经乳酸菌发酵后还可有效消除膻味, 提高羊乳产品的质量品质^[7]。乳酸菌在发酵过程也会产生一些胞外多糖(EPS), 使发酵乳的粘度增大, 这固然对促进乳的凝固具有一定的积极作用^[8-9], 但在生产活性乳酸菌乳粉时会造成不利影响, 当发酵乳粘度过高时, 易造成喷雾干燥过程中堵塞喷嘴, 造成进料困难, 当粘度过高时, 在喷雾干燥过程中不容易充分干燥^[10-11]。因此, 本实验从乳酸菌产粘角度出发, 筛选具有低产粘能力的菌株, 为活性乳酸菌羊乳粉生产奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

全脂羊乳粉 陕西富平红星乳业有限公司生产的无抗全脂羊乳粉, 出口级, 水分 2.92%, 蛋白质 24.5%; 乳酸菌 丹麦丹尼斯克酸奶发酵剂 YO-MIX300、YO-MIX499、YO-MIX883、MY-800, 丹麦科汉森酸奶发酵剂 YC-380, 荷兰帝斯曼酸奶发酵剂 CY-124、CY-222、CY-223、CY-346、FVV-21、SVV-11, 这些发酵剂均是由保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)和嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)组成的冻干菌种, 经陕西师范大学食品工程与营养科学学院畜产品加工实验室分离纯化, 得到 11 株保加利亚乳杆菌(分别命名为 *L.b*-300、*L.b*-499、*L.b*-883、*L.b*-800、*L.b*-380、*L.b*-124、*L.b*-222、*L.b*-223、*L.b*-346、*L.b*-21、*L.b*-11)和 11 株嗜热链球菌(分别命名为 *S.t*-300、*S.t*-499、*S.t*-883、*S.t*-800、*S.t*-380、*S.t*-124、*S.t*-222、*S.t*-223、*S.t*-346、*S.t*-21、*S.t*-11)^[12-16]。

GHX-9080B-1 型隔水式恒温培养箱 上海福玛实验设备有限公司; HH-S4 型电热恒温水浴锅 北京科伟永兴仪器有限公司; NDJ-79 型旋转式粘度计 同济大学机电厂; ME21(MSHOT)数码生物显微镜 广州明美科技有限公司; SW-CJ-1F 型超净工作台 苏州安泰空气技术有限公司; YX280B 型手提式不锈钢蒸汽消毒器 上海三申医疗器械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 乳酸菌产粘特性的测定 分别将分离纯化的

收稿日期: 2011-08-15 * 通讯联系人

作者简介: 乌素(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜产品加工原理与技术。

基金项目: 陕西省农业科技攻关项目(2009K01-08); 陕西省农业科技创新项目(2010NKC-10); 公益性行业(农业)科研专项(201103038)。

乳酸菌充分活化后,以2% (w/w)的接种量接入12% (w/w)复原羊乳中。在43℃培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵24h时的粘度。

采用旋转式粘度计^[17],根据粘度范围,选用二单元1×10转转子,在20℃下测试,在第30s时记录数据,分别测量3次数据后取平均值。粘度单位为mPa·s。
1.2.2 数据处理 实验数据采用DPS统计分析软件进行处理,采用Duncan新复极差法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 保加利亚乳杆菌低产粘菌株的筛选

2.1.1 保加利亚乳杆菌发酵期间粘度的变化 分别将分离纯化的11株保加利亚乳杆菌(*L.b*-124、*L.b*-222、*L.b*-223、*L.b*-300、*L.b*-346、*L.b*-380、*L.b*-499、*L.b*-800、*L.b*-883、*L.b*-21、*L.b*-11)充分活化后,接入复原羊乳中。在43℃培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵24h时的粘度,结果见图1和表1。

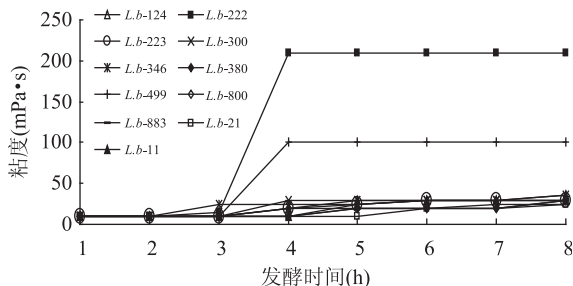


图1 不同保加利亚乳杆菌对羊乳发酵期间粘度变化的影响

Fig.1 Effect of *Lactobacillus bulgaricus* on changes of goat milk viscosity during fermentation

表1 保加利亚乳杆菌在羊乳发酵凝乳时和后发酵24h时的粘度变化

Table 1 Changes of viscosity in coagulation and post-fermentation 24h during *Lactobacillus bulgaricus* fermentation

菌株	凝乳时间 (h)	粘度(mPa·s)	
		凝乳时	后发酵24h
<i>L.b</i> -124	4.0	20 ^c	35 ^d
<i>L.b</i> -222	4.0	211 ^a	212 ^a
<i>L.b</i> -223	5.0	27 ^c	41 ^c
<i>L.b</i> -300	4.5	30 ^c	31 ^d
<i>L.b</i> -346	4.0	25 ^c	35 ^d
<i>L.b</i> -380	8.0	32 ^c	40 ^c
<i>L.b</i> -499	4.0	102 ^b	102 ^b
<i>L.b</i> -800	8.0	31 ^c	42 ^c
<i>L.b</i> -883	8.0	26 ^c	31 ^d
<i>L.b</i> -21	6.0	26 ^c	31 ^d
<i>L.b</i> -11	5.5	31 ^c	40 ^c

注:表中数据为3次实验结果的平均值,同一列内带有不同字母的平均数差异显著,显著水平 $P < 0.05$;表2、表3同。

由图1可以看出,在羊乳发酵过程中,乳的粘度随发酵时间的延长有逐渐增大的趋势,但不同菌株在发酵期间的粘度变化有较大的差异。*L.b*-222和*L.b*-499菌株在发酵3h后乳的粘度迅速上升,明显高于其它菌株($P < 0.05$),表明*L.b*-222和*L.b*-499菌株在发酵期间具有较高的产粘特性,而其它菌株在整个发酵期间粘度较低,且相互间粘度差异不大

($P > 0.05$)。同时从表1可见,不同保加利亚乳杆菌菌株在凝乳时和后发酵24h时的粘度也各不相同,*L.b*-222和*L.b*-499菌株在凝乳时和后发酵24h具有较高的粘度,其它菌株在凝乳时和后发酵24h粘度均较低,但*L.b*-124和*L.b*-346菌株均具有较短的凝乳时间。因此,*L.b*-124和*L.b*-346菌株可作为低粘度的优选菌株。

2.1.2 发酵温度对保加利亚乳杆菌产粘特性的影响 分别将分离纯化的保加利亚乳杆菌*L.b*-124和*L.b*-346菌株充分活化后,接入复原羊乳中,在37、40、43、45℃培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵24h时的粘度,结果见图2和图3。

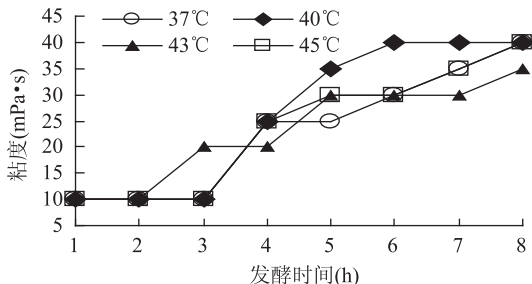


图2 发酵温度对保加利亚乳杆菌*L.b*-124菌株在发酵期间粘度的影响

Fig.2 Effect of temperature on viscosity for *L.b*-124 in goat milk fermentation

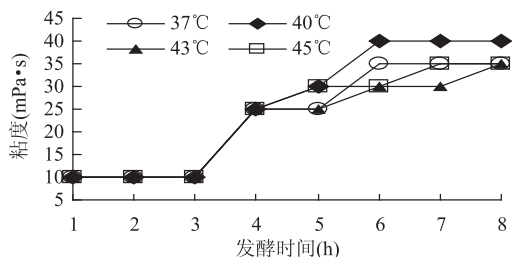


图3 发酵温度对保加利亚乳杆菌*L.b*-346菌株在发酵期间粘度的影响

Fig.3 Effect of temperature on viscosity for *L.b*-346 in goat milk fermentation

由图2和图3可以看出,在羊乳发酵过程中,不同发酵温度对发酵期间的粘度有一定的影响。对*L.b*-124菌株,在43℃发酵时,发酵2h后粘度迅速增大。但发酵6h后,其发酵粘度较低,明显低于其它发酵温度($P < 0.05$);同时对*L.b*-346菌株,在43℃发酵时,其发酵粘度均处于较低水平。此外,*L.b*-124和*L.b*-346菌株在43℃发酵凝乳时和后发酵24h时,粘度也均较低,其凝乳时间较短。因此,*L.b*-124和*L.b*-346菌株在43℃下发酵时,可获得较低的粘度。

2.2 嗜热链球菌低产粘菌株的筛选

2.2.1 嗜热链球菌发酵期间粘度的变化 分别将分离纯化的11株嗜热链球菌(*S.t*-124、*S.t*-222、*S.t*-223、*S.t*-300、*S.t*-346、*S.t*-380、*S.t*-499、*S.t*-800、*S.t*-883、*S.t*-21、*S.t*-11)菌株充分活化后,接入复原羊乳中,在43℃培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵24h时的粘度,结果见图4和表2。

由图4可以看出,在羊乳发酵过程中,乳的粘度

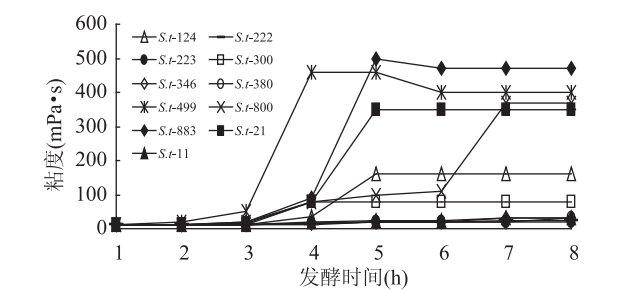


图4 不同嗜热链球菌对羊乳发酵期间粘度变化的影响
Fig.4 Effect of *Streptococcus thermophilus* on changes of goat milk viscosity during fermentation

随发酵时间的延长有逐渐增大的趋势,但不同菌株在发酵期间的粘度变化有一定的差别。*S.t*-499、*S.t*-883和*S.t*-21 菌株在发酵3h 后乳的粘度迅速上升,表明 *S.t*-499、*S.t*-883 和 *S.t*-21 菌株在发酵期间具有较高的产粘能力; *S.t*-222、*S.t*-223、*S.t*-346、*S.t*-380和*S.t*-11 菌株在整个发酵期间粘度增加较慢,发酵粘度明显低于其它菌株($P < 0.05$)。从表2可知,不同菌株在凝乳时和后发酵24h 时的粘度也有较大的差别,其中 *S.t*-124、*S.t*-300、*S.t*-499、*S.t*-800、*S.t*-883 和 *S.t*-21 菌株在凝乳时和后发酵24h 时具有较高的粘度, *S.t*-222、*S.t*-223、*S.t*-346、*S.t*-380 和 *S.t*-11 菌株在凝乳时和后发酵24h 时粘度无明显差别($P > 0.05$),但 *S.t*-222 和 *S.t*-346 菌株的凝乳时间较短。因此, *S.t*-222 菌株和 *S.t*-346 菌株可作为低粘度的优选菌株。

表2 嗜热链球菌在凝乳时和后发酵24h 的粘度变化
Table 2 Changes of viscosity in coagulation and post-fermentation 24h during *Streptococcus thermophilus* fermentation

菌株	凝乳时间 (h)	粘度 (mPa · s)	
		凝乳时	后发酵 24h
<i>S.t</i> -124	5.0	162 ^d	190 ^e
<i>S.t</i> -222	5.0	20 ^h	40 ^g
<i>S.t</i> -223	5.5	21 ^h	40 ^g
<i>S.t</i> -300	4.0	81 ^f	102 ^f
<i>S.t</i> -346	5.0	20 ^h	40 ^g
<i>S.t</i> -380	5.5	23 ^g	42 ^g
<i>S.t</i> -499	4.0	401 ^b	403 ^b
<i>S.t</i> -800	6.0	110 ^e	374 ^d
<i>S.t</i> -883	5.0	470 ^a	471 ^a
<i>S.t</i> -21	5.0	351 ^c	382 ^c
<i>S.t</i> -11	5.5	24 ^g	41 ^g

2.2.2 发酵温度对嗜热链球菌产粘特性的影响 分别将分离纯化的嗜热链球菌 *S.t*-222 和 *S.t*-346 菌株充分活化后,接入复原羊乳中,在 37、40、43、45℃ 培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵24h 时的粘度,结果见图5 和图6。

由图5、图6 可以看出,在羊乳发酵过程中,乳的粘度随发酵时间的延长有逐渐增大的趋势,但不同发酵温度下发酵粘度有一定的差别。在发酵前3h,不同发酵温度对其粘度几乎无影响($P > 0.05$),对于 *S.t*-222 菌株,在 43℃ 发酵5h 后,其粘度最低($P > 0.05$),而*S.t*-346菌株在 43℃ 发酵6h 后,其粘度最低

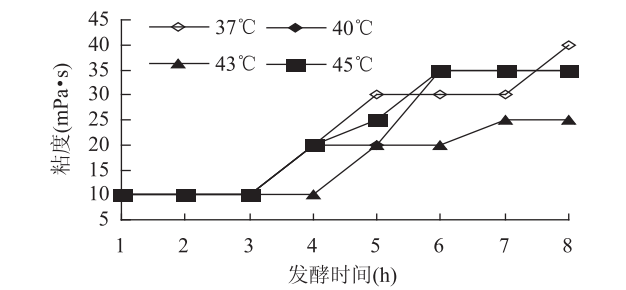


图5 发酵温度对嗜热链球菌 *S.t*-222 菌株发酵期间粘度的影响
Fig.5 Effect of temperature on viscosity for *S.t*-222 in goat milk fermentation

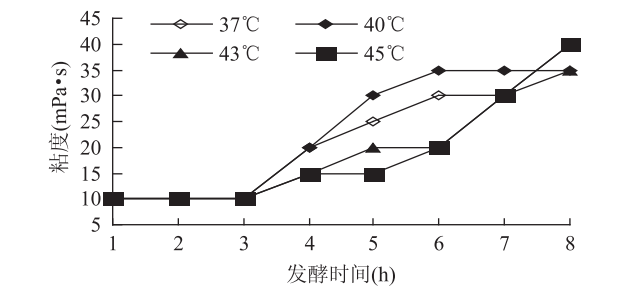


图6 发酵温度对嗜热链球菌 *S.t*-346 菌株发酵期间粘度的影响
Fig.6 Effect of temperature on viscosity for *S.t*-346 in goat milk fermentation

($P > 0.05$)。同时 *S.t*-222 和 *S.t*-346 菌株在 43℃ 下发酵时,其凝乳时的粘度均最低($P > 0.05$),而在后发酵24h 时,不同发酵温度对粘度无明显影响($P > 0.05$),且在 43℃ 发酵时, *S.t*-222 和 *S.t*-346 菌株的凝乳时间均较短。因此, *S.t*-222 和 *S.t*-346 菌株在 43℃ 下发酵时,可获得较低的粘度。

2.3 乳酸菌低产粘菌株组合的筛选

2.3.1 乳酸菌菌株组合在发酵期间粘度的变化 分别将保加利亚乳杆菌 *L.b*-124、*L.b*-346 菌株和嗜热链球菌 *S.t*-222、*S.t*-346 菌株充分活化后,按杆菌与球菌 1:1 配比混合后,接入复原羊乳中。在 43℃ 下培养发酵,分别测定其凝乳时间、凝乳过程中和后发酵24h 时的粘度,结果见图7。

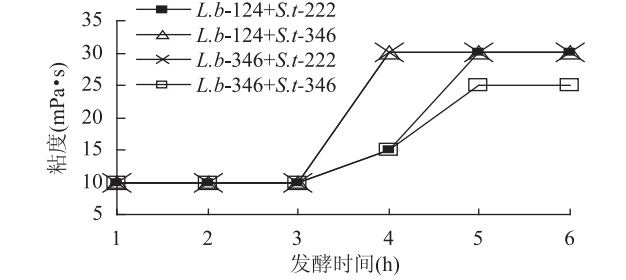


图7 乳酸菌菌株组合对羊乳发酵期间粘度的影响
Fig.7 Effect of combination of lactic acid bacteria on viscosity during goat milk fermentation

由图7 可以看出,在羊乳发酵过程中,不同菌株组合在发酵期间的粘度变化有一定的差别, *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合在羊乳发酵过程中粘度较低,尤其是在发酵4h 后,其粘度明显低于其它组合($P <$

0.05)。同时 *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合在凝乳时和后发酵 24h 的粘度均较低,且凝乳时间较短,因此, *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合可作为产低粘度的优选组合。

2.3.2 发酵温度对乳酸菌菌株组合产粘特性的影响

分别将保加利亚乳杆菌 *L.b*-346 菌株和嗜热链球菌 *S.t*-346 菌株充分活化后,按杆菌与球菌 1:1 进行配比混合后,接入复原羊乳中。在 37、40、43、45℃ 培养发酵,分别测定凝乳时间、发酵过程及凝乳时和后发酵 24h 时的粘度,结果见图 8 和表 3。

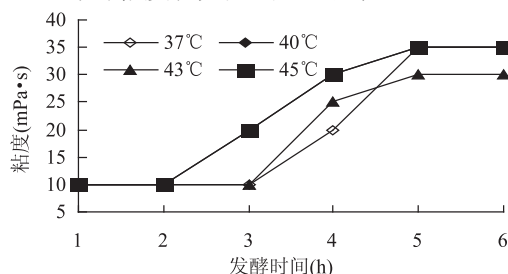


图 8 发酵温度对 *L.b*-346 菌株和 *S.t*-346 菌株组合在羊乳发酵期间粘度的影响

Fig.8 Effect of temperatures on viscosity for *L.b*-346 and *S.t*-346 in goat milk fermentation

表 3 发酵温度对 *L.b*-346 菌株和 *S.t*-346 菌株组合在凝乳时和后发酵 24h 粘度的影响

Table 3 Effect of temperatures on viscosity for *L.b*-346 and *S.t*-346 in coagulation and post-fermentation 24h

发酵温度 (℃)	凝乳时间 (h)	粘度(mPa·s)	
		凝乳时	后发酵 24h
37	5.5	35 ^a	40 ^a
40	5	35 ^a	40 ^a
43	4	25 ^b	30 ^b
45	4.5	35 ^a	40 ^a

由图 8 可以看出,在羊乳发酵过程中,发酵温度对 *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合发酵期间的粘度有一定的影响。在 43℃ 下发酵时, *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合的发酵粘度较低,尤其是在发酵 5h 后,其发酵粘度明显低于其它发酵温度 ($P < 0.05$)。同时从表 3 可以看出, *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合在 43℃ 发酵凝乳时和后发酵 24h 时粘度最低,且凝乳时间最短,因此,43℃ 可作为 *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株组合的适宜发酵温度。

3 结论

对分离纯化的 11 株保加利亚乳杆菌和 11 株嗜热

链球菌在羊乳发酵乳粘度的研究表明,保加利亚乳杆菌 *L.b*-124、*L.b*-346 菌株和嗜热链球菌 *S.t*-222、*S.t*-346 菌株在单菌株发酵时粘度较低。当 *L.b*-346 和 *S.t*-346 菌株以 1:1 比例混合,在 43℃ 下发酵时,可获得较低的粘度,且发酵凝乳时间较短。

参考文献

- [1] 李昌盛,张富新,邹鲤岭,等.整合剂对羊乳凝乳特性的影响[J].食品工业科技,2009,30(2):71-73.
- [2] 石永胜,陈集燕.羊乳的营养价值与奶山羊的饲养[J].广西畜牧兽医,2005,21(5):213-214.
- [3] 焦凌梅,袁唯.改善山羊乳风味的方法研究[J].乳品加工,2006(6):56-57.
- [4] Pandya A J, Ghodke K M. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt [J]. Small Ruminant Research, 2007, 68:193-206.
- [5] 张金华,张晓光,李兰红,等.保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的筛选[J].现代化农业,1999(3):23-24.
- [6] 苗君荏,陈有容,齐凤兰,等.乳酸菌在乳制品及其他食品中的应用拓展[J].中国食物与营养,2005(10):25-27.
- [7] 张富新.羊乳酸奶加工技术的研究[J].食品科学,2002,23(2):75-77.
- [8] 李志成,闫亚美,张连斌,等.保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌产酸产黏特性研究[J].中国乳品工业,2006,34(5):8-10.
- [9] 李江,张富新,任娟,等.保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌在羊乳中的发酵特性研究[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2010,38(3):91-94.
- [10] 赵巍,王军,段长青,等.喷雾干燥法制备微胶囊化山葡萄籽油粉末油脂[J].中国粮油学报,2009,24(12):77-83.
- [11] 黄卉,李来好,杨贤庆,等.喷雾干燥微胶囊化罗非鱼油的研究[J].南方水产,2009,5(5):19-23.
- [12] 张玉洁.国际乳品联合标准 IDF117-1983:酸奶特征微生物的菌落计数(37℃ 时菌落计数技术)[J].中国乳品工业,1990(4):179-182.
- [13] 高微娟,张富新,魏怡,等.干酪乳杆菌对羊乳酸奶发酵特性及品质的影响[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2011,39(1):98-102.
- [14] 夏菠,周传云,张庆,等.开菲尔中菌种分离与鉴定方法初探[J].现代食品科技,2005,21(4):70-72.
- [15] 付美红,王耀耀,朱研研,等.微生物菌种的保藏方法[J].河北化工,2010,33(4):33-34.
- [16] 周德庆.微生物学实验教程[M].第2版.北京:高等教育出版社,2006:27-30,127-130.
- [17] 王攀,张富新,罗军,等.羊乳酸奶优良发酵菌株的筛选[J].食品与生物技术学报,2010,29(3):442-447.

(上接第 200 页)

- [8] 陈智慧,史梅,王秋香,等.用凯氏定氮法测定食品中的蛋白质含量[J].新疆畜牧业,2008,10(5):124-129.
- [9] 钟世红,卫莹芳,古锐,等.苯酚-硫酸比色法测定红毛五加皮多糖的含量[J].时珍国医国药,2010(2):266-267.
- [10] Akihiro Nakamura, Hitoshi Furuta, Masayoshi Kato, et al. Effect of soybean soluble polysaccharides on the stability of milk protein under acidic conditions[J]. Food Hydrocolloids, 2003, 17: 333-343.
- [11] 张龙翔.生化实验方法与技术[M].北京:高等教育出版社,1997:138-140.

- [12] 李燕,吴然然,于佰华,等.红外光谱在中药定性定量分析中的应用[J].光谱学与光谱分析,2006(10):1846-1849.
- [13] 刘明杰,王钊,孙素琴.傅里叶变换红外光谱法在药学研究中的应用的最新进展[J].药物分析杂志,2001(5):373-377.
- [14] 李宁.近红外傅立叶变换拉曼光谱定量分析应用基础的研究[D].北京:中国农业大学,2003.
- [15] 杨海雷.近红外光谱技术在中药质量分析中的若干应用研究[D].杭州:浙江大学,2005.